



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตกุ้งแห้งเทียมจากเศษเหลือกระบวนการผลิตปลาแล้แซ่เยือกแข็ง

Production of Dried Imitated Shrimp from Waste from
Frozen Fish Fillet Production

นางสาวโสธยา เกิดพิบูลย์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณ ประจำปี พ.ศ. 2558

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตกุ้งแห้งเทียมจากเศษเหลือกระบวนการผลิตปลาแช่เยือกแข็ง

Production of Dried Imitated Shrimp from Waste from
Frozen Fish Fillet Production

นางสาวโสธยา เกิดพิบูลย์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณ ประจำปี พ.ศ. 2558

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RC14

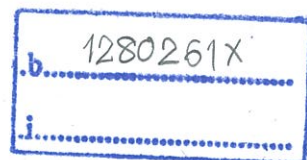
ส 991ก

2558

สาขาวิชา.....

เลขทะเบียน 143719

วันที่ได้รับ 29 ก.ย. 2559



เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่อง การผลิตกุ้งแห้งเทียมจากเศษเหลือกระบวนการผลิตปลาแห้งแช่เยือกแข็ง ได้รับงบประมาณสำหรับการดำเนินงานวิจัยจาก เงินงบประมาณ ประจำปี 2558 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การผลิตกุ้งแห้งเทียมจากเศษเหลือกระบวนการผลิตปลาแล่แช่เยือกแข็ง

แหล่งเงิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีงบประมาณ 2558

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ต.ค. 57 ถึง 30 ก.ย. 58

หัวหน้าโครงการ

ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของสารเติมแต่งและสภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของกุ้งแห้งเทียมจากเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็ง โดยสารเติมแต่งที่ใช้ในการผลิตกุ้งแห้งเทียม ประกอบด้วย แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง และ โปรตีนเข้มข้น ผลการทดลองพบว่า การใช้แป้งสาลีและแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 15 20 และ 25 ส่งผลให้แบทเทอร์มีลักษณะเนื้อเนียน และสามารถขึ้นรูปเป็นกุ้งเทียมได้ แต่การใช้โปรตีนเข้มข้นแบทเทอร์มีลักษณะที่เหลว สามารถขึ้นรูปเป็นกุ้งเทียมได้ยาก และเมื่ออบแห้ง กุ้งแห้งเทียมนั้น เมื่อนำมาตุกกลืนน้ำกลับ ส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตและเนื้อปลา กระจายไปกับน้ำ ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไป จึงเลือกใช้แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลี โดยเพิ่มอัตราส่วนของแป้ง เป็น ร้อยละ 20 25 และ 30 เพื่อศึกษาผลของสารเติมแต่งและสภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของกุ้งแห้งเทียม โดยการเตรียมแบทเทอร์จากชนิดและอัตราส่วนของแป้ง 3 อัตราส่วน การขึ้นรูปกุ้ง การเซตเจลของกุ้งแห้งเทียม และการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส อบแห้งระหว่าง 0-3 ชั่วโมง ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและความชื้นของตัวอย่าง พบว่า กุ้งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมมีลักษณะรูพรุน เนื้อแข็งแห้ง เปราะ และความชื้นน้อยกว่ากุ้งแห้งเทียมที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมซึ่งมีลักษณะเนื้อเนียน เหนียว ดังนั้นตัวอย่างกุ้งแห้งเทียม จำนวน 9 ตัวอย่าง ที่เตรียมจากอัตราส่วนแป้งสาลี 3 ระดับ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ที่มีปริมาณความชื้นหลังจากการอบแห้งในช่วงเดียวกัน (ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ) จึงถูกเลือกนำมาเปรียบเทียบ ลักษณะทางกายภาพ สี การหดตัวและความสามารถในการตุกกลืนน้ำกลับของผลิตภัณฑ์ พบว่า ปัจจัยของความเข้มข้นของแป้ง และอุณหภูมิส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี และอัตราคืนตัวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่ออัตราการหดตัวแต่อย่างใด ในด้านอัตราการคืนตัวของผลิตภัณฑ์พบว่า กุ้งแห้งเทียมที่แป้งสาลีเป็นส่วนผสมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 ระยะเวลาในการอบแห้ง 90 นาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: สารเติมแต่ง กุ้งแห้ง การอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Production of Dried Imitated Shrimp from Waste from Frozen Fish Fillet Production

ABSTRACT

This research studied effects of additives and drying conditions on qualities of imitated dried shrimp from waste of frozen fish fillet production. Additives used in this research consisted of wheat flour, tapioca flour and protein isolate (PI). It was found that using of wheat flour and tapioca flour at concentrations of 15, 20 and 25% induced smooth batter. Moreover, batter could be set as imitated shrimp. However, using of PI of 15, 20 and 25% induced liquid batter and not uniform of imitated shrimp. Imitated dried shrimp prepared from PI also displayed isolation between fish and PI after rehydration. Next step of experiment was therefore using of tapioca and wheat starch with concentrations of 20, 25 and 30% to study effects of additives and drying conditions of qualities of imitated dried shrimp. Batter was prepared using 3 concentrations of starch, then imitated shrimp was formed, set gel and dried using hot air tray drying of 60, 70 and 80°C for 0-3 hrs. Physical properties and moisture content of samples were determined. It was found that imitated drying shrimp prepared from tapioca starch induced pore, hard, dried and crispy to the sample, while using of wheat starch displayed smooth and firm to sample. 9 samples of imitated dried shrimp prepared using 3 concentrations of wheat starch and 3 different drying temperatures, which had same range of moisture content were used to compare physical properties in terms of texture, color, shrinkage and rehydration ratio of products. It was found that concentrations of starch and drying conditions affected texture, color and rehydration ratio of the dried products, while these were not affected shrinkage of the dried products. Considering of rehydration ratio of the products, it was found that using of wheat flour of 20% and drying using temperature of 70°C for 90 min represented highest rehydration ratio compared with other conditions.

Keywords: Food additive, Dried shrimp, Drying

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ปลาออสากาพอลแลค	4
2.2 การผลิตปลาแล่แช่เยือกแข็ง	5
2.3 ซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมิ	6
2.4 โปรตีนที่ส่งผลต่อการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์	8
2.5 สาร additive ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ	11
2.6 การทำแห้ง	26
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	31
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	31
3.2 อุปกรณ์	32
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	37
4.1 ลักษณะทางกายภาพของแบทเทอร์	37
4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อลักษณะการทำแห้งของกุ้งแห้งเทียม	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

4.3 ผลของชนิดของสารเติมแต่งที่มีต่อลักษณะทางกายภาพกึ่งแข็งเทียม	46
4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	57
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	59
5.1 สรุปผล	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม	61
ประวัติคณะผู้วิจัย	64



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	ลักษณะของแป้งมันสำปะหลัง	13
2.2	องค์ประกอบของแป้งสาลี	14
2.3	คุณลักษณะของแป้งมันสำปะหลังประเภทสตาร์ช	22
2.4	องค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆของเมล็ดข้าวสาลี.	23
2.5	องค์ประกอบของแป้งสาลี	24
2.6	คุณสมบัติของแป้งสาลี	24
3.1	แสดงส่วนผสมในการผลิตกึ่งเทียม	32
4.1	ลักษณะของแบทเทอร์ที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลี	38
4.2	ลักษณะทางกายภาพของแบทเทอร์และผลิตภัณฑ์อบแห้งที่มีการเติมโปรตีนเวย์เข้มข้น	40
4.3	ลักษณะทางกายภาพของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม	47
4.4	ลักษณะทางกายภาพของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสาลีเป็นส่วนผสม	48
4.5	F-value ของค่าความชื้นกึ่งแห้งเทียม	49
4.6	ผลสภาวะการอบแห้งต่อร้อยละความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ	51
4.7	ผลสภาวะการอบแห้งที่มีต่อร้อยละความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนประกอบ	51
4.8	F-value ของคุณสมบัติของกึ่งแห้งเทียมที่มีการเติมแป้งสาลี	52
4.9	ลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสาลีเป็นส่วนผสม	55
4.10	ลักษณะทางกายภาพด้านสีของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสาลีเป็นส่วนผสม	56
4.11	ลักษณะทางกายภาพด้านการคืนตัว – หดตัวของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสาลีเป็นส่วนผสม	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ปลา Alaska pollock	5
2.2 โครงสร้างของ Myosin	10
2.3 โมเลกุลโปรตีนแอคติน	11
2.4 การพองตัวของเม็ดแป้ง	16
2.5 ระยะในการเกิดเจลลาติโนเซชันของเม็ดแป้ง	17
2.6 จุดสำคัญบนเส้นกราฟของเครื่อง Brabender Viscoamylogaph	19
2.7 รูปแบบความหนืดของแป้งสุกจากแป้งชนิดต่างๆ	20
3.1 ขั้นตอนการสับผสม	34
3.2 การขึ้นรูปกึ่งเทียม	35
3.3 การนำกึ่งเทียมที่ผ่านการขึ้นรูปมาแช่เจลโดยการนั่งบนลังถึง	35
4.1 แบทเทอร์ที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลัง	41
4.2 แบทเทอร์ที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี	41
4.3 ความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 60° C(แป้งมันสำปะหลัง)	42
4.4 ความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 70° C(แป้งมันสำปะหลัง)	43
4.5 ความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 80° C(แป้งมันสำปะหลัง)	43
4.6 ความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 60° C(แป้งสาลี)	44
4.7 ค่าความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 70° C(แป้งสาลี)	44
4.8 ความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 80° C(แป้งสาลี)	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำเพื่อการส่งออกต่างประเทศ เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมอาหารที่ใหญ่เป็นอันดับต้นๆ ของประเทศไทย สำหรับการผลิตสัตว์น้ำแช่เยือกแข็ง ได้แก่ การผลิตซูริมิ และผลิตภัณฑ์ การผลิตกุ้งสด และกุ้งผ่านกระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็ง รวมทั้งการผลิตปลาแล่แช่เยือกแข็ง เป็นธุรกิจที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เดียวกันเศษเหลือจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำต่างๆ เหล่านี้ เป็นสิ่งที่ผู้ผลิตให้ความสำคัญในการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อเป็นการสร้างมูลค่าให้กับวัตถุดิบเศษเหลือต่างๆ ดังกล่าว สำหรับกระบวนการผลิตปลาแล่แช่เยือกแข็งนั้น มีการนำปลาทั้งตัวมาผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาด อาจมีการตัดหัว ควักไส้ ก่อนการแล่ หรือมีการแล่ทั้งตัว ขึ้นกับชนิดของปลา จากนั้นนำปลาแล่ ตัดแต่งตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ บรรจุถุงสุญญากาศ แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง (Freezing) ปลาที่แล่ได้นั้นคิดเป็นน้ำหนักเนื้อ ประมาณร้อยละ 30-35 ของน้ำหนักตัวปลา ทั้งนี้ยังมีเศษเนื้อปลาที่เหลือจากการแล่ และตัดแต่ง ที่ติดอยู่ตามบริเวณก้าง และหัวปลา คิดเป็น ร้อยละ 10-15 และส่วนที่เหลือเป็นหัว ก้าง กระดูก โดยเศษเนื้อ ก้าง และหัวนั้น เป็นส่วนที่โรงงานนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย อาจมีการนำขายในรูปของของเสีย หรือขายให้กับผู้ผลิตอาหารสัตว์ เป็นต้น ผู้ประกอบการบางรายมีการนำเศษเนื้อปลาที่ติดอยู่ตามก้างปลา และหัวปลา มาบด และแช่เยือกแข็งในลักษณะเป็นก้อน (block) และขายให้กับโรงงานรายย่อยที่มีการใช้เศษเนื้อบดแช่เยือกแข็งดังกล่าว โดยขายในราคาที่ย่ำ (ประมาณกิโลกรัมละ 18-22 บาท) (ข้อมูลจากบริษัทไทยเดลมาร์ท ประเทศไทย จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ) มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ เช่น การผลิตลูกชิ้นปลา เป็นต้น ดังนั้นแนวทางในการนำเศษเหลือจากการแล่ และตัดแต่งปลาแล่แช่เยือกแข็งมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำขึ้นรูป (Restructured fishery products) จึงเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบเศษเหลือดังกล่าว

สำหรับอุตสาหกรรมของกุ้งไทยในช่วง ปี 2554-2556 ที่ผ่านมานั้น กลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปกุ้งทั้งในรูปกุ้งสด และกุ้งแปรรูป ได้รับผลกระทบในการขาดแคลนวัตถุดิบ ทั้งจากภัยธรรมชาติ และโรคระบาด ทำให้ราคาวัตถุดิบกุ้งมีแนวโน้มการปรับตัวสูงขึ้น จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่า การส่งออกกุ้งสดแช่เยือกแข็ง มีปริมาณการส่งออกที่ลดลงตั้งแต่ปี 2554 และ 2555 ตามลำดับ (ลดลงจากปี 2553 ซึ่งมีปริมาณการส่งออก 241 ล้านกิโลกรัม ปี 2554 มีปริมาณการส่งออก 200 ล้านกิโลกรัม และปี 2555 มีปริมาณการส่งออก 178 ล้านกิโลกรัม) สำหรับในกรณีของกุ้งแห้งที่มีการส่งออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้น ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) พบว่า ปริมาณการส่งออกกุ้งแห้ง และมูลค่าการส่งออกกุ้งแห้งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2550-2553 สำหรับในปี 2554-2555 ถึงแม้ว่ามูลค่าการส่งออกกุ้งแห้งมีแนวโน้มสูงขึ้น จากปี 2554 ที่มีมูลค่าการส่งออกที่ 116 ล้านบาท ในปี 2555 มีมูลค่าการส่งออกเป็น 137 ล้านบาท แต่ปริมาณการส่งออกของกุ้งแห้งมีแนวโน้มที่ลดลง คือ ปริมาณการส่งออกในปี 2554 เท่ากับ 508,571 กิโลกรัม และในปี 2555 มีปริมาณการส่งออกเท่ากับ 469,757 กิโลกรัม จึงเป็นที่น่าสังเกตปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบกุ้ง ซึ่งอาจเนื่องมาจากปัญหากุ้งราคาแพง ดังนั้น แนวทางในการแปรรูปวัตถุดิบสัตว์น้ำชนิดอื่น หรือการนำวัตถุดิบเศษเหลือจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำมาผลิตเป็นกุ้งแห้งเทียมจึงเป็นแนวทางที่มีความน่าสนใจในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบเศษเหลือจากกระบวนการผลิตดังกล่าว ให้สามารถเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคได้ในอนาคต

การนำเศษเนื้อปลาที่ติดตามก้าง และหัว รวมทั้งเศษเนื้อปลาที่เหลือจากการตัดแต่งปลาแล่แช่เยือกแข็งมาบด และขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำขึ้นรูป โดยมีการใช้สาร additive ประเภทต่างๆ นั้นมีความเป็นไปได้ในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยสาร additive ที่ใช้นั้นอาจเป็นสารในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน คอลลอยด์ ที่มีส่วนที่ช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติของโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อปลาให้มีลักษณะทางกายภาพที่เป็นที่ต้องการและเหมาะสมต่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ นักวิจัยหลายท่านมีการนำสาร additive รวมทั้งเอนไซม์มาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของโปรตีนในเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หลายผลิตภัณฑ์ (Ramirez et al., 2011; Sun, 2009) ได้แก่ การใช้เอนไซม์ทรานซ์กลูตามิเนส และโปรตีนเวย์ ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ (Moreno et al., 2010; Ramirez, 2007) การใช้แป้งมันสำปะหลังในการปรับปรุงสมบัติการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ (Tuankriangkrai and Benjakul, 2010) การใช้เพคตินชนิด low methoxy pectin ในการผลิตสัตว์น้ำขึ้นรูป (Uresti et al., 2003) เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของสาร additive ที่มีต่อความสามารถในการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมที่เตรียมจากเศษเนื้อปลาที่เหลือจากการแล่ และการตัดแต่งในกระบวนการผลิตปลาแล่แช่เยือกแข็ง รวมทั้งการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกุ้งแห้งเทียม เพื่อสามารถต่อยอดในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้ในระดับอุตสาหกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของเศษเนื้อปลา Alaska pollock
- 1.2.2 เพื่อศึกษาชนิดของสารเติมแต่งที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของกุ้งเทียม
- 1.2.3 เพื่อศึกษาชนิดของสารเติมแต่ง และสภาวะการอบแห้งที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของกุ้งแห้งเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็ง โดยการตรวจสอบปริมาณโปรตีน ความชื้น ของเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็ง

1.3.2 การศึกษาชนิดของสาร additive ที่เหมาะสมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม โดยสาร additive ที่เลือกใช้ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลี และโปรตีนไอโซเลต ที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของแบทเทอร์ และกุ้งเทียม

1.3.3 การศึกษาสาร additive ได้แก่ ชนิด และความเข้มข้น รวมทั้งสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกุ้งแห้งเทียม ได้แก่ อุณหภูมิ และเวลาในการอบแห้งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น การหาคัดความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ ลักษณะเนื้อสัมผัส ลักษณะโครงสร้าง รวมถึงการยอมรับในทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพิ่มมูลค่าของเศษเหลือจากกระบวนการผลิตปลาแล้ว

1.4.2 สามารถนำผลจากการศึกษา เป็นแนวทางในการผลิตกุ้งแห้งเทียม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

อุตสาหกรรมสัตว์น้ำในประเทศไทย เป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีอัตราการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง อุตสาหกรรมสัตว์น้ำหลักในประเทศไทย ประกอบด้วย อุตสาหกรรมสัตว์น้ำแช่เยือกแข็ง และ อุตสาหกรรมสัตว์น้ำแปรรูปโดยการใช้ความร้อน ได้แก่ การบรรจุกระป๋อง รวมถึงอุตสาหกรรมสัตว์น้ำที่ผ่านกระบวนการหมัก เป็นต้น สำหรับอุตสาหกรรมสัตว์น้ำแช่เยือกแข็งนั้น ประกอบด้วย สัตว์น้ำที่มีกระบวนการเตรียมเป็นวัตถุดิบแช่เยือกแข็ง เพื่อสะดวกต่อการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ และสัตว์น้ำปรุงสุก หรือกึ่งสุกแช่เยือกแข็ง ทั้งนี้ในอุตสาหกรรมดังกล่าว มีเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปซึ่งในปัจจุบันกลุ่มผู้ผลิตหันมาให้ความสนใจในการนำวัสดุ หรือวัตถุดิบเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูป มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อวัตถุประสงค์ในการลดค่าใช้จ่าย และรวมถึงการสร้างมูลค่าให้กับวัตถุดิบ เป็นต้น

สำหรับอุตสาหกรรมปลาแช่เยือกแข็งนั้น มีการนำปลาทั้งที่จับ หรือเลี้ยงในแหล่งน่านน้ำของประเทศไทย รวมถึงวัตถุดิบปลาทั้งตัวแช่เยือกแข็งนำเข้าจากต่างประเทศ มาผ่านกระบวนการละลายแล้ว ตัดแต่ง บรรจุ แช่เยือกแข็ง และส่งกลับไปขายยังต่างประเทศ ปลาแช่เยือกแข็งนั้น นอกจากการตรวจคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์แล้ว ปัจจุบันเพิ่มเติม ได้แก่ การตัดแต่งเพื่อให้มีสีของเนื้อปลาเป็นไปตามมาตรฐานของวัตถุดิบ รวมทั้งมีขนาดที่เป็นไปตามมาตรฐานของสินค้า ก่อนการนำไปบรรจุ แช่เยือกแข็ง และส่งขายยังต่างประเทศ เศษเหลือของเนื้อปลาที่ได้จากการตัดแต่ง รวมทั้งเศษของเนื้อปลาติดก้าง หลังจากกระบวนการแล้ว ยังเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ และมีศักยภาพในการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำได้อีกหลากหลายชนิด

2.1 ปลาอลาสกาพอลแลค (Alaska Pollock)

ปลาอลาสกาพอลแลค (*Theragra chalcogramma*) มีลักษณะภายนอกลำตัว แสดงดังภาพที่ 2.1 มีจุดสีดำ และมีเกร็ดสีดำ ลักษณะภายในเนื้อปลาคือเป็นสีขาว มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีวงจรชีวิตสั้น อาศัยอยู่ตามแนวชายฝั่งตะวันตกของอเมริกาและฝั่งตะวันออกของเอเชีย มีการกระจายอยู่ทั่วไปทางตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งพบมากที่สุดที่ภาคตะวันออกของทะเล แบริ่ง และมีความสำคัญต่อระบบนิเวศทะเลแบริ่ง (Bering Sea ecosystem) ลักษณะสัณฐานวิทยาของปลาอลาสกาพอลแลค มีความยาวประมาณ 90 เซนติเมตร และมีน้ำหนักสูงสุดโดยประมาณ 1.4 กิโลกรัม เป็นปลาที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อปลาขึ้นรูป เนื่องจากเป็นปลาที่มีไขมันต่ำ เนื้อปลามีคุณภาพสูง เป็นแหล่งของโปรตีนและแร่ธาตุ มีกรดอะมิโนที่หลากหลาย เช่น กรดกลูตามิก กรดอะพาติค ไลซีน เป็นต้น เนื้อปลามีสีขาว มีเจลที่มีความแข็งแรง และมีความยืดหยุ่นสูงมาก โดยทั่วไปปลา Alaska

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pollock ได้ถูกนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปเนื้อปลาแผ่นสำหรับแซนวิช และเบอเกอร์ เป็นต้น (Breines, 2014)



ภาพที่ 2.1 ปลา Alaska pollock
ที่มา: Breines (2014)

2.2 การผลิตปลาแล่แช่เยือกแข็ง

ปลาที่นิยมนำมาผลิตเป็นปลาแล่แช่เยือกแข็งในประเทศไทยมีหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นปลาทะเลทั้งที่มีการจับในเขตน่านน้ำของประเทศไทย และปลาที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศ ปลาที่นำมาแล่นั้น ถูกจัดเป็นกลุ่มตามลักษณะสีของเนื้อปลา ได้เป็นปลาที่อยู่ในกลุ่มเนื้อสีขาว เช่น ปลาอลาสกาพอลแลค (Alaska pollock) และกลุ่มที่มีเนื้อสีเข้ม เช่น ปลาเซลมอน และปลาทูนา เป็นต้น ปลาอลาสกาพอลแลค มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Theragra chalcogramma* เป็นปลาทะเลที่อยู่ในกลุ่มของปลาออก วงศ์ Gadidae เป็นปลาที่มีการจับและนิยมบริโภคอย่างมากทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากเป็นปลาที่มีลักษณะเนื้อสีขาว (Granata et al., 2012) ปลาชนิดนี้จึงมีการนำเข้ามาผลิตในประเทศไทย เพื่อแปรรูปเป็นปลาแล่แช่เยือกแข็งและส่งออกขายยังต่างประเทศ

ในกระบวนการผลิตปลาแล่แช่เยือกแข็งนั้น มีการนำปลามาผ่านกระบวนการละลาย การล้างทำความสะอาด การตัดหัว การควักไส้ การแล่เป็นฟิลเลท (Fillet) การตัดแต่งส่วนเนื้อที่มีสีเข้ม การดั่งก้าง อาจมีการลอกหนังหรือไม่ลอกหนัง แล้วแต่ชนิดของปลา และความต้องการของลูกค้า จากนั้นนำปลาที่ผ่านกระบวนการแล่ ไปแช่เยือกแข็ง หรืออาจมีการบรรจุในลักษณะสุญญากาศก่อนการแช่เยือกแข็ง ทั้งนี้เศษเนื้อที่หลงเหลืออยู่ที่ตำแหน่งก้าง หนังปลา รวมทั้งเศษเนื้อที่เหลือจากกระบวนการตัดแต่ง เป็นของเหลือจากกระบวนการที่ทางส่วนโรงงานอุตสาหกรรม ที่ขายไปให้กับโรงงานขนาดย่อมที่นำไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ (โรงงานปลาป่น) หรือบางโรงงานนำมาบรรจุในบล็อก แช่เยือกแข็ง และจำหน่ายในราคาถูก ประกอบด้วยส่วนโปรตีนจากเนื้อปลาที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงไม่แพ้เนื้อปลาแล่ จึงมีความเป็นไปได้ในการนำเศษเนื้อปลาเหลือจากกระบวนการผลิตปลาแล่มาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่า เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตเป็นกึ่งเทียม และกึ่งแห้งเทียม โดยอาจมีการใช้สาร additive ที่ช่วยปรับปรุงคุณลักษณะเฉพาะบางประการของเนื้อปลาให้สามารถขึ้นรูป และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่คล้ายกับกึ่ง

2.3 ซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมิ

ซูริมิมิแตกต่างจากเนื้อปลาบด กล่าวคือ เนื้อปลาบด (Minced Fish) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาซึ่งอาจจะผ่านการเตรียมเบื้องต้น คือการตัดหัวควักไส้หรือขึ้นเนื้อปลาที่ได้จากการแลไปแยกเนื้อออกจากส่วนของก้างและหนังปลาด้วยเครื่องแยกเนื้อ (Deboner) ดังนั้นเนื้อปลาบดที่ได้จึงยังคงมีองค์ประกอบเคมีและกลิ่นเช่นเดียวกับเนื้อปลาปกติ (จักรี, 2544) ส่วนซูริมิ (Surimi) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทะเลบดที่นำมาผ่านกระบวนการล้างน้ำเพื่อแยกเอาส่วนของไขมัน และองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออก โดยที่เป็นเหลือโปรตีนไมโครไฟบริลลาร์ (Microfibrillar Protein) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำให้เนื้อปลามีคุณสมบัติในการเกิดเจลเป็นส่วนใหญ่ด้วยคุณลักษณะสำคัญหลายประการ ซูริมิจึงเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวได้หลายชนิด เช่น ลูกชิ้น ไส้กรอก ปูอัด และผลิตภัณฑ์เลียนแบบเนื้อสัตว์ต่างๆ (มาลินี และนิธิกานต์, 2551)

สำหรับผลิตภัณฑ์จากซูริมิเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำซูริมิแช่เยือกแข็งที่ผ่านการละลายอย่างไม่สมบูรณ์ (tempering) หรือซูริมิสด สัมผัสกับเกลือในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อละลายโปรตีนไมโครไฟบริลลาร์ จากนั้นมีการเติมส่วนผสมอื่นๆ เช่น แป้ง ไข่ขาว ผงชูรส และสารให้กลิ่นรส แล้วขึ้นรูปด้วยการใช้ความดัน (extruded) การทำให้เกิดลักษณะเส้นใย (fiberized) หรือขึ้นรูปด้วยการใช้เบ้าประกอบ (composite-molded) โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการพร้อมๆกับการให้ความร้อน เพื่อสร้างความคงตัวของรูปร่าง สร้างเนื้อสัมผัส และลดปริมาณจุลินทรีย์ (จักรี, 2544) โดยผลิตภัณฑ์จากซูรินิมันมีมากมายหลายชนิด เช่น คามาโบโกะ แฮมปลา เบอร์เกอร์ปลา ชิกวา นารู โตะ ปูเทียม (จักรี, 2544; สุทรวัดน์, 2549) ผลิตภัณฑ์จากซูริมิอาศัยสมบัติในการเกิดเจลของซูริมิ ทำให้โครงสร้างของเจลมีความแข็งแรง (strength) และความยืดหยุ่น (elasticity) ในผลิตภัณฑ์ ความสมบูรณ์ของโครงสร้างเจลสัมพันธ์กับสมบัติในการจับกับน้ำหรือไขมันของโปรตีน ซูริมิที่ดีจะต้องมีเจลที่แข็งแรง ซึ่งต้องอาศัยโปรตีนที่มีคุณภาพสูง ตลอดจนการปฏิบัติและการให้ความร้อนที่เหมาะสม การเกิดเจลเป็นกลไกทางเคมีที่เกิดจากการเชื่อมของโปรตีนไมโครไฟบริลด้วยพันธะต่างๆ และอาจมีเอนไซม์บางชนิดเป็นตัวเร่งการเชื่อมประสานของโปรตีนและให้โครงข่ายของโปรตีนที่แข็งแรง

สุทรวัดน์ (2549) ได้ให้ข้อมูลการเกิดเจลของซูริมิว่า การเกิดเจล (gelation) ของซูริมิมิมีความสำคัญและจำเป็นต่อคุณภาพของซูริมิ ซูริมิที่ดีจะต้องมีเจลที่แข็งแรง ซึ่งต้องอาศัยโปรตีนที่มีคุณภาพสูง ตลอดจนการปฏิบัติและการให้ความร้อนที่เหมาะสม การเกิดเจลเป็นกลไกทางเคมีที่เกิดจากการเชื่อมของโปรตีนไมโครไฟบริลด้วยพันธะต่างๆ และอาจมีเอนไซม์บางชนิดเป็นตัวเร่งการเชื่อมประสานของโปรตีนและให้โครงข่ายของโปรตีนที่แข็งแรง โดยการเกิดเจลของโปรตีนนั้นสามารถเกิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ การสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (denaturation) และการจับเรียงตัวของโปรตีน (aggregation) (Connell, 1960)

การจับเรียงตัวมีความสำคัญต่อการเกิดโครงสร้าง 3 มิติ โดยอาศัยการจับเรียงตัวของโมเลกุลที่เหมาะสม การเกิดเจลแตกต่างจากขั้นตอนการจับตัวตกตะกอน (coagulation) โดยการเกิดเจลเป็นกระบวนการที่มีการจัดเรียงตัวของโครงข่ายโมเลกุลอย่างมีระเบียบ ส่วนการจับตัวตกตะกอนเป็นการจับเรียงตัวของโครงข่ายโมเลกุลแบบสุ่มและไม่เป็นระเบียบ ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการจัดเรียงตัว ได้แก่ อัตราการให้ความร้อน ชนิดของโปรตีนความเข้มข้น และ pH (Stone and Stanley, 1992) ในกรณีที่มีการให้ความร้อนโดยไม่ได้ผ่านขั้นตอนการ set ของเจล จะทำให้โมเลกุลของโปรตีนเกิดการคลายตัวอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้มการจัดเรียงตัวกันอย่างรวดเร็วเช่นกัน โครงข่ายของร่างแหจะไม่ต่อเนื่อง มีน้ำถูกปลดปล่อยออกมาจากโครงข่ายเจล อีกทั้งการให้ความร้อนแก่ซูริมิที่นานเกินไป ส่งผลต่อการทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลของโปรตีน เจลจึงมีความแข็งแรงที่ลดลง (สุทรวัฒน์, 2549; Niwa, 1992; Wu et al., 1985)

จักรี (2544) ได้ให้ข้อมูลการเกิดเจลซูริมิ ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดความแข็งแรงของเจล (gel strength) และความยืดหยุ่น (elasticity) โดยเริ่มจากการนำเนื้อปลาที่ผ่านการล้างน้ำผสมกับเกลือแกงร้อยละ 2-3 ของน้ำหนักเนื้อปลา ในระหว่างการผสมโครงสร้างของเนื้อปลาเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ได้แก่ ไมโอซิน (myosin) และแอคติน (actin) ที่ละลายได้ในสารละลายเกลือปริมาณร้อยละ 2.0-3.0 ของน้ำหนักเนื้อปลาและจะเริ่มละลายและละลายเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการผสม ไมโอซินและแอคตินจับตัวกันเป็นแอคโตไมโอซิน (actomyosin) ทำให้เนื้อปลามีความหนืด ซึ่งเรียกว่าไซล จากนั้นนำไปให้ความร้อน ทำให้ไซลแปรสภาพเป็นเจลที่เหนียวและยืดหยุ่น

ซูวาริ (suwari) หรือการเรียงตัว (gel setting) เกิดจาก แอคโตไมโอซินในเนื้อปลาจะจับตัวกับน้ำและเกิดพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ระหว่างโมเลกุลของโปรตีน เกิดเป็นโครงร่างตาข่าย (network) อย่างหลวมๆมีการกักน้ำอยู่ภายในร่างแห เมื่อได้รับความร้อน โมเลกุลของโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลง มีการจับตัวกันระหว่างกรดอะมิโนที่ยื่นออกมาทางด้านข้างของโมเลกุลโปรตีนข้างเคียง โดยในช่วงนี้เป็นการจับกันของพันธะไฮโดรเจนและพันธะไฮโดรโฟบิก (hydrophobic bond) ผลที่ได้มีลักษณะใสและค่อนข้างยืดหยุ่น ขั้นตอนซูวาริมิ 2 ระดับตามระดับอุณหภูมิ คือ Low temperature setting เกิดการเก็บไซลไว้ที่อุณหภูมิ 5-10°C นาน 18-24 ชั่วโมง ทำให้เกิดเจลที่มีลักษณะใสและยืดหยุ่น เนื่องจากมีการสร้างพันธะไฮโดรเจนของโมเลกุลโปรตีนกับโมเลกุลน้ำภายในโครงร่างตาข่ายเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น และ High temperature setting เกิดการเก็บไซลไว้ที่อุณหภูมิ 30-50°C นาน 30-90 นาที ทำให้เกิดเจลค่อนข้างขุ่น มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดเรียงตัวก่อนนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะให้เจลที่มีความแข็งแรงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการจัดเรียงตัว (จักรี, 2544)

โมโดริ (modori) หรือการแตกตัว (disintegration) ของสร้างของเจลบางส่วน ให้ความแข็งแรงของเจลลดลงจากการให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 60-70°C การลดลงนี้เข้าใจว่าเป็นผลมาจากเอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีเอส (alkaline protease) ในช่วงนี้ไมโอซินเฮฟวี่เชน (myosin heavy chain) ถูกย่อยสลาย ปริมาณการแตกตัวขึ้นกับชนิดปลา (จักรี, 2544)

อาซิ หรือการตรึง (elasticity fixation) เป็นการให้ความร้อนที่ระดับที่อุณหภูมิ 80-90 °C ทำให้เส้นใยโปรตีนเริ่มจับกันมากขึ้น เป็นการรวมกลุ่มแบบการสุ่ม (random network aggregation) พันธะที่เกิดขึ้นในช่วงนี้จะเป็นพันธะไฮโดรโฟบิกและพันธะไดซัลไฟด์เป็นส่วนใหญ่ ทำให้โครงสร้างตาข่ายมีความคงตัวมากขึ้น เจลมีลักษณะที่บเสถียรมากขึ้น (จักรี, 2544)

2.4 โปรตีนที่ส่งผลต่อการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ (สุทววัฒน์, 2549: จักรี, 2544)

โปรตีนปลานั้นสามารถแบ่งออกได้ 3 ชนิด เช่นเดียวกับโปรตีนของเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ โดยแบ่งตามความสามารถในการละลาย ได้แก่ โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ (Myofibrillar proteins) โปรตีนซาร์โคพลาสซึม (Sarcoplasmic proteins) และโปรตีนสโตรมา (Stroma proteins)

2.4.1 โปรตีนซาร์โคพลาสซึม (Sarcoplasmic proteins) หรือ ไมโอเจน (Myogen)

โปรตีนซาร์โคพลาสซึมที่พบมากได้แก่ อัลบูมิน (Albumins) เอนไซม์ (enzymes) ไมโอโกลบิน (Myoglobin) ชนิดต่างๆ ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 25-30 ของโปรตีนทั้งหมด โดยโปรตีนซาร์โคพลาสซึมที่พบมากในกล้ามเนื้อแดงอาจจะได้แก่ ฮีโมโปรตีน (Haemoproteins) นอกจากนี้โปรตีนซาร์โคพลาสซึมเป็นโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาที่ความสามารถละลายได้ในน้ำหรือสารละลายเกลือเจือจางที่มีความเข้มข้นของไอออนต่ำกว่า 0.1 (ionic strength) ซึ่งโปรตีนซาร์โคพลาสซึมนี้มักจะหายไปในช่วงขั้นตอนการล้างน้ำในกระบวนการผลิตซูริมิ โดยทั่วไปพบว่าปริมาณของโปรตีนซาร์โคพลาสซึมในปลาผิวน้ำ เช่น ปลาซาร์ดีน (Sardine) และปลาแมคเคอเรล (Mackerel) จะมีปริมาณสูงกว่าในปลาที่หากินตามหน้าดิน เช่น ปลา Plaice และ ปลา Snapper เป็นต้น สำหรับผลของโปรตีนซาร์โคพลาสซึมต่อคุณภาพของเจลที่เตรียมได้จากปลานั้นพบว่า โปรตีนดังกล่าวมีผลไปขัดขวางการสร้างโครงร่างตาข่ายสามมิติ (Gel network) ของโปรตีนไมโอซินในการเกิดเจล ทำให้เจลสามารถอุ้มน้ำได้น้อย (Water holding) ค่าความแข็ง (Hardness) และความยืดหยุ่น (Elasticity) ต่ำ ดังนั้นในกระบวนการการผลิตผลิตภัณฑ์จากปลาเพื่อให้ได้เจลที่มีคุณภาพดีนั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการล้างเนื้อปลาด้วยน้ำเพื่อกำจัดเลือด กลิ่นคาวปลา และที่สำคัญคือกำจัดโปรตีนซาร์โคพลาสซึมออกไป

2.4.2 โพรตีนไมโอไฟบริลลาร์ (Myofibrillar proteins)

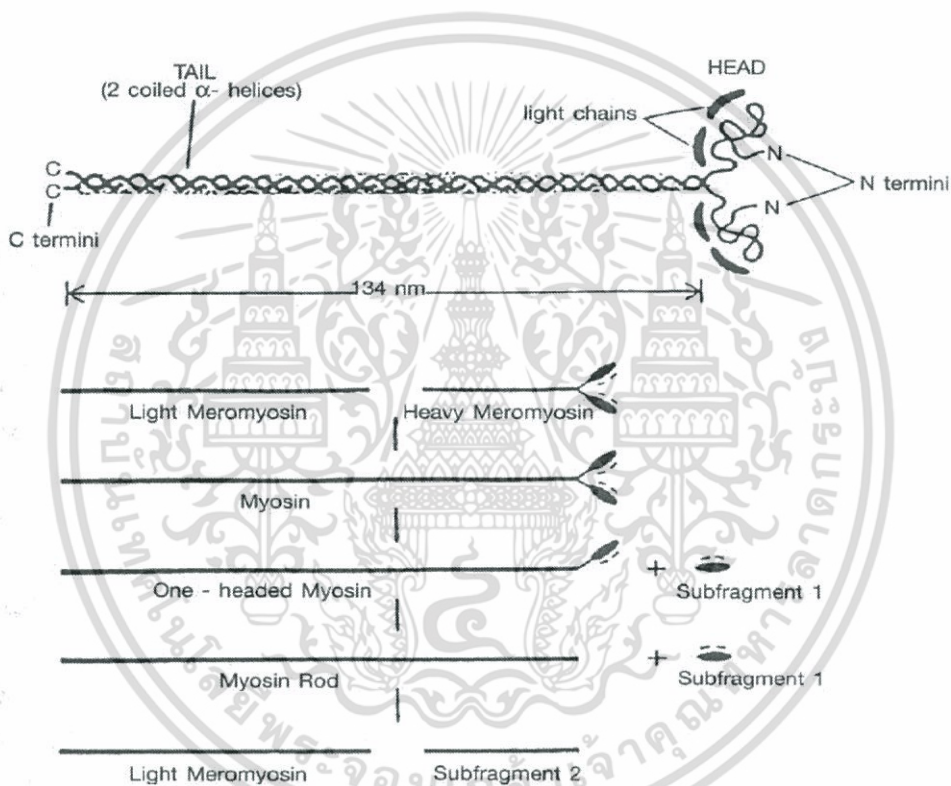
โพรตีนไมโอไฟบริลลาร์มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 70-80 ของปริมาณโพรตีนทั้งหมด (คิดเป็นร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม) ซึ่งเป็นโพรตีนที่เกี่ยวข้องในกลุ่มนี้ได้แก่ แอคติน (actin) ไมโอซิน (myosin) โทรโปไมโอซิน (tropomyosin) โทรโปนิน (Troponin) ชนิด C, I และ T โดยโพรตีนไมโอไฟบริลลาร์เป็นโพรตีนที่มีลักษณะเป็นเส้นใย (Fibrous) ซึ่งใช้ในการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ โพรตีนในกลุ่มนี้สามารถละลายได้ในสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นไอออนประมาณ 0.45-0.60 ดังนั้นจึงสามารถแยกโพรตีนเหล่านี้ออกจากเนื้อปลาคัดได้ โดยการล้างเนื้อปลาด้วยสารละลายเกลือที่มีความเป็นกลางและความเข้มข้นของไอออนที่อยู่ในช่วงดังกล่าว ซึ่งความสามารถในการละลายในสารละลายเกลือของโพรตีนชนิดนี้พบว่ามี ความสัมพันธ์แบบผกผันกับระดับการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโพรตีน (Suzuki, 1981)

2.4.2.1 ไมโอซิน (Myosin)

ไมโอซิน (Myosin) เป็นโพรตีนที่เป็นองค์ประกอบหลักของโพรตีนในกลุ่มนี้ โดยโมเลกุลมีลักษณะ เป็นสายยาวขนาดใหญ่มวลโมเลกุลประมาณ 500,000 ดาลตัน ประกอบด้วยโพรตีน 2 หน่วยย่อย (Subunit) คือไมโอซินสายหลัก (Myosin heavy chain; MHC) 2 สายและไมโอซินสายเบา (Myosin light chain; MLC) 4 หน่วยย่อย ไมโอซินสายหลักแต่ละสายประกอบด้วยส่วนหัว ซึ่งมีรูปร่างเป็นก้อนกลม เรียกว่า Globular head และส่วนหาง ซึ่งส่วนหางของไมโอซินสายหลักแต่ละสายจะพันรอบซึ่งกันและกันเป็นเกลียวแอลฟาฮีลิกซ์ (α -helix) ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่ง (Rod shape) และแต่ละสายของไมโอซินสายหลักจะมีขนาด 200,000 ดาลตัน ที่บริเวณส่วนหัวของไมโอซิน (Globular head) สามารถแสดงกิจกรรมของเอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการ เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของ ATP (Adenosine triphosphate) เกิดเป็น ADP (Adenosine diphosphate) และพลังงานซึ่งใช้ในการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อนอกจากนี้ที่บริเวณส่วน หัวของไมโอซินยังมีความสามารถจับกับแอคติน (Actin binding site) ซึ่งมีความสำคัญขณะหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อ สำหรับไมโอซินสายเบาจะมีขนาดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ โดยในการเกิดเจลพบว่า ไมโอซินมีบทบาทช่วย ให้เกิดความเหนียวและเจลที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีโมเลกุลของไมโอซินมีหมู่ซัลไฮดริลที่เป็นอิสระและจะว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีจึงทำให้โมเลกุลไมโอซินเกิดการเปลี่ยนแปลงง่าย ถูกย่อยได้ง่ายด้วยทริปซิน และไคโมทริปซิน

2.4.2.2 แอคติน (actin)

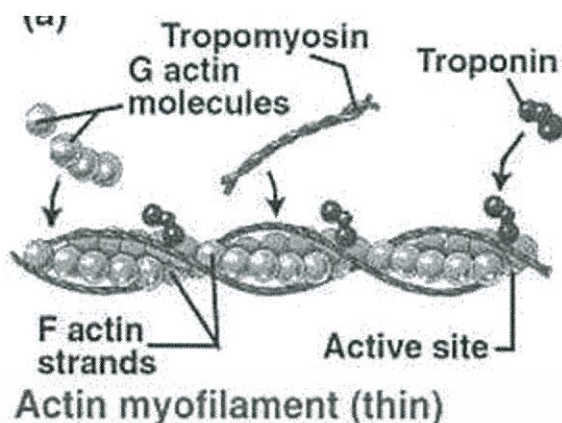
แอกติน เป็นโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ที่พบรองลงมาโดยมีปริมาณร้อยละ 20 ของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ (ภาพที่ 2.2) หน่วยย่อยของแอกติน (ภาพที่ 2.3) คือ จี-แอกติน (G-actin) ประกอบด้วย 8 Chains of actin F-actin กรดอะมิโนจำนวน 374-375 ตัว และมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 42,000-48,000 ดาลตัน จี-แอกติน มีรูปร่างเป็นก้อนกลมและมีการจับตัวกันเป็นสายยาวเกิดเป็นเส้นใยเรียกว่า เอฟ-แอกติน (F-actin) สายยาวของเอฟ-แอกตินพันเรียงตัวเป็นเกลียวในลักษณะของแอลฟาฮีลิกซ์ และสามารถมีอันตรกิริยากับส่วนหัวของไมโอซิน



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของ Myosin

ที่มา : McCormick (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 โมเลกุลโปรตีนแอกติน

ที่มา: <http://www.sivabio.50webs.com/mus.htm>

2.4.3 โปรตีนสโตรมา (Stroma proteins)

โปรตีนสโตรมา (Stroma protein) เป็นโปรตีนในส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ช่วยยึดระหว่างเซลล์หรือกลุ่มของเนื้อเยื่ออื่นๆ ให้มีโครงสร้าง หรือรูปร่างที่มีความแข็งแรงโดยโปรตีนในกลุ่มนี้ไม่สามารถสกัดได้ด้วยน้ำ กรด ต่างเจือจางและ สารละลายเกลือที่เป็นกลางที่มีความเข้มข้น 0.01-0.1 โมลาร์ส่วนประกอบของโปรตีนชนิดนี้ ได้แก่ คอลลาเจน (Collagen) และอีลาสติน (Elastin) ซึ่งคิดเป็นปริมาณร้อยละ 3 ของปลาจำพวก teleostei และประมาณร้อยละ 10 ในของปลาจำพวก elasmobranchii คิดเป็นร้อยละ 17 เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

2.5 สาร additive ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

คาร์โบไฮเดรต และโปรตีนถูกใช้เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ช่วยปรับปรุงโครงสร้าง ความสามารถในการคงรูป รวมถึงสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญของอาหารแปรรูปหลายชนิด สำหรับโปรตีนในสัตว์น้ำที่มีสมบัติในการทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ โปรตีนแอกติน และไมโอซิน ที่สามารถละลายได้ในสารละลายเกลือเข้มข้น ที่อุณหภูมิต่ำ โดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ลงไปในสัตว์น้ำนั้น ไฮโดรคอลลอยด์จะช่วยปรับปรุงเจลของโปรตีนสัตว์น้ำให้มีความแข็งแรงขึ้นในระหว่างการได้รับความร้อน ส่งผลต่อเนื่องต่อการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเจล (Ramirez, 2011; Lee et al., 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 แป้ง

แป้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์จากซูรีมีหลายชนิด เช่น แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง การผสมแป้งในโพลของซูรีมีโดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญสองประการ คือ การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเจลและลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากการใช้แป้งจะทำให้สามารถเติมน้ำในซูรีมีได้มากขึ้น ในขณะที่มีผลให้เจลซูรีมีมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและมีเนื้อสัมผัสแน่นขึ้น

2.5.1.1 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลัง เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากมันสำปะหลัง ลักษณะเด่นของแป้งมันสำปะหลัง คือมีความบริสุทธิ์สูง โดยมีสตาร์ชมากกว่า ร้อยละ 95 และมีปริมาณโปรตีนและไขมันอยู่น้อยกว่า ร้อยละ 1 แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำคือ ร้อยละ 18-23 (Defloor et al.,1998) มีปริมาณอะไมโลเพคตินสูง จึงให้เจลที่เกาะกันแน่น มีการพองตัวที่ดี และมีค่าความสามารถในการละลายประมาณ ร้อยละ 35 ที่อุณหภูมิ 95°C ลักษณะการพองตัวของแป้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิต่างๆจะเป็นแบบขั้นตอนเดียว ในระหว่างที่ให้ความร้อนกับเม็ดแป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำและเม็ดแป้งจะเริ่มดูดซึมน้ำจากภายนอก จากนั้นเม็ดแป้งจะเริ่มพองตัวพร้อมกับที่เม็ดแป้งสูญเสียความสามารถในการเปียงเบนแสงโพลาไรซ์ ลักษณะเช่นนี้ทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งเป็นแบบผันกลับไม่ได้ โดยทั่วไปเม็ดแป้งที่พองตัวเมื่อได้รับความร้อน เม็ดแป้งจะเปลี่ยนลักษณะไปอยู่ในรูปของแป้งเปียก ที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมากและเมื่อแป้งเปียกเย็นลงจะเกิดเป็นเจล อุณหภูมิที่เกิดเป็นเจลจะอยู่ในช่วง 58-70°C แป้งเปียกที่เกิดขึ้นจะไม่คงตัวมากนัก ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้แป้งมันสำปะหลัง จึงจำเป็นต้องมีการดัดแปรเพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวของแป้งเปียก ทำให้เมื่อเย็นตัวลงความหนืดจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากเกิดการจับกันของหมู่ไฮดรอกซิลของอะไมโลสต่ำ แป้งมันสำปะหลังจึงเป็นแป้งที่เกิดการคืนตัวต่ำ และให้ลักษณะแป้งเปียกที่ใสไม่ทึบแสง

ลักษณะทางกายภาพของแป้งมีลักษณะเป็นผงละเอียด มีสีขาว เนื้อเนียน ลื่นเป็นมันเมื่อทำให้สุกด้วยการกวนกับน้ำไฟอ่อนปานกลาง แป้งจะละลายง่าย สุกง่าย แป้งเหนียวติดภาชนะ หนืดข้นขึ้นเรื่อยๆ ไม่มีกรรมรวมตัวเป็นก้อน เหนียวเป็นใย ติดกันหมด เนื้อแป้งใสเป็นเงา พอเย็นแล้วจะติดกันเป็นก้อนเหนียว ติดภาชนะ นอกจากนี้แป้งยังมีคุณสมบัติอื่นที่ทำให้แป้งมันสำปะหลังเข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารนั่นคือ เป็นตัวช่วยทำให้เกิดความข้น (thickener) ในอาหาร ช่วยให้อาหารเกิดความคงตัว (stabilizer) ช่วยให้อาหารเกาะตัวกันดีขึ้น (binder) ช่วยในการเสริมแต่ง (filler) และสร้างลักษณะเงาวาวให้กับเนื้ออาหาร เมื่อผสมน้ำและให้ความร้อนจะเหนียวจนเป็นกาวใส หรืออาจจะเรียกว่า ขาวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในอาหารที่ไม่ต้องการให้มีกลิ่นหรือรสแปลกปลอม นอกจากนี้ แป้งยังเป็นสิ่งที่หาได้ง่ายและราคาค่อนข้างถูก ลักษณะของแป้งมันสำปะหลัง แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของแป้งมันสำปะหลัง

ข้อกำหนด	สมบัติขั้นต่ำ
ปริมาณแป้ง	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 โดยน้ำหนัก
ความชื้น	ไม่เกินร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก
เถ้า	ไม่เกินร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก
เยื่อ	ไม่เกิน 0.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อ น้ำหนักแป้ง 50 กรัม
ความเป็นกรด-ด่าง	ตั้งแต่ 4.5-7.0
ส่วนของแป้งที่สามารถผ่านตะแกรง ขนาด 15 ไมโครเมตร	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 โดยน้ำหนัก

หมายเหตุ : คำนวณจากน้ำหนักแห้งเป็นร้อยละ (มอก. 274-2521)

2.5.1.2 แป้งสาลี

ทำจากเมล็ดข้าวสาลี ลักษณะเป็นผงมีสีขาว เมื่อทำให้สุกจะมีลักษณะร่วนเหลวไม่อยู่ตัว มีปริมาณอะไมโลสประมาณ ร้อยละ 23-28 (กล้านรงค์ และ เกื้อกุล, 2550) แป้งสาลีปริมาณของโปรตีนสองชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลูเตนิน และ ไกลอะติน ซึ่งเมื่อนำมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่ง ที่เรียกว่า “กลูเตน” คุณสมบัติของกลูเตน คือ เป็นตัวเก็บก้ำาซเอาไว้ ทำให้เกิดโครงร่างที่จำเป็นของขนม และจะเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากเตาอบ (อรอนงค์, 2532) คุณภาพของแป้งสาลีขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวสาลีซึ่งทำให้ได้ลักษณะของขนมต่างกัน ลักษณะของแป้งสาลีแสดงได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของแป้งสาลี

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%)
แป้งสตาร์ช (starch)	70
ความชื้น	15
โปรตีน	11.5
น้ำตาล	1
ไขมัน	1
แร่ธาตุ	0.2
อื่นๆ	2

ที่มา : จิตธนา และ อรอนงค์ (2546)

2.5.2 การเกิดเจลลาตินเซชันของสตาร์ช

สตาร์ชเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถจะเกิดเป็นเจลอยู่ร่วมกับน้ำเมื่อได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ทำให้สตาร์ชเกิดการเจลลาตินส์ที่เรียกว่า “อุณหภูมิเจลลาตินส์” ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันไปตามชนิดของสตาร์ชโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 60-70°C ที่อุณหภูมิเจลลาตินส์นี้เม็ดสตาร์ชจะมีการพองตัว (swelling) ยอมให้โมเลกุลของน้ำแทรกเข้าไปภายใน เมื่อมีการคนหรือกวนอย่างรวดเร็ว เม็ดสตาร์ชจะพองตัวมากขึ้นจนกระทั่งโปรฟริงเจนหายไป (loss of birefringence) และแตก ทำให้อะไมโลสและอะไมโลเพกตินไหลออกมาภายนอก รวมอยู่กับน้ำทำให้ได้ของผสมที่มีความหนืดและใสมากขึ้น ส่วนที่เป็นอะไมโลสจะเริ่มมีการเรียงตัวและรวมตัวกันเกิดเป็นร่างแห ในขณะที่บางส่วนของอะไมโลเพกติน โดยเฉพาะส่วนที่เป็นกิ่งหรือสาขาค่าจะเกิดเป็นร่างแหเช่นกัน เมื่อทิ้งของผสมให้เย็น เจลจะเริ่มมีความคงตัวมากขึ้น

ช่วงอุณหภูมิที่เกิดเจลลาตินเซชันของแป้งมันสำปะหลัง คือ 52 – 65°C และแป้งสาลีอยู่ในช่วง 52 – 85°C เนื่องจากแป้งสาลีมีอะไมโลสสูงจึงต้องได้รับความร้อนในอุณหภูมิที่สูง เพื่อให้เกิดความข้นหนืด

2.5.3 สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง

แป้งมีบทบาทสำคัญคือ เป็นแหล่งอาหารพลังงานสูงของมนุษย์ แต่จากสมบัติเฉพาะตัวของแป้ง จึงได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงสมบัติอาหาร เช่น ทำให้เกิดเจล ควบคุมความคงตัว และเนื้อสัมผัสของอาหารจำพวกซอส ซุปและน้ำปรุงอาหาร ป้องกันเนื้อสัมผัสของอาหารเสียรูป เนื่องจากกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชัน (pasteurization) และ สเตอริไรเซชัน (sterilization) เป็นต้น นอกจากนี้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้วยังมีการนำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกาว และอุตสาหกรรมแป้งดัดแปร

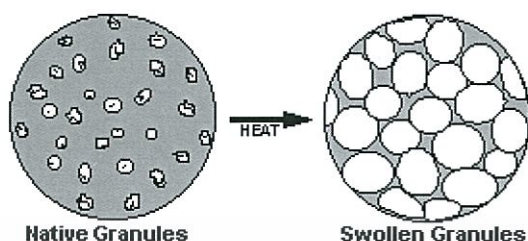
2.5.3.1 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water absorption capacity)

เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดน้ำที่เติมลงไปภายใต้สภาวะบรรยากาศของห้อง และน้ำอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 0-40 องศาเซลเซียส จนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับน้ำและความชื้นในบรรยากาศ เมื่อผสมกันในระยะแรก พบว่าส่วนผสมมีสีขาวขุ่นในลักษณะแป้งแขวนลอยในน้ำ แต่ทิ้งไว้ระยะหนึ่ง พบว่าแป้งตกตะกอนแยกจากส่วนน้ำคล้ายกับก่อนผสม แสดงว่าเม็ดสตาร์ชในแป้งไม่ดูดซึมน้ำขณะเย็น หรือดูดซึมน้ำได้น้อยมากประมาณ ร้อยละ 30-35 ปริมาณน้ำที่ดูดเข้าไปจะอยู่ในส่วนอสัณฐาน ทำให้เกิดการพองตัวขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถผันกลับได้ (reversible change) (อรอนงค์, 2547) ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำสูง สามารถใช้เวลาในการผสมและการหมักนานได้ และทนต่อความแรงในระหว่างการผสมได้ดี

2.5.3.2 กำลังการพองตัวและการละลาย (Swelling power and Solubility)

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณร้อยละ 25-30 และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ภายในเม็ดแป้ง (intermixed) ในส่วน crystallite โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของ amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบและมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60 องศาเซลเซียสขึ้นไป ส่วน amorphous จับกับน้ำได้มากขึ้นและการจับกันของโมเลกุลในส่วน crystallite เริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งขยายตัวเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2.4) โมเลกุลในส่วน crystallite ที่เหลืออยู่เกิดสภาพคล้ายร่างแหเรียกว่า micelle network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ทำให้เม็ดแป้งยังคงสภาพอยู่ได้ แต่อาจมีโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ซึ่งมีขนาดเล็กและอิสระกระจายตัวออกจากเม็ดแป้ง เมื่อทำให้อุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้นไปอีก ส่วน crystallite ที่เหลืออยู่

นี้จะคล้ายตัวออกทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและโมเลกุลแป้งอยู่ในสภาพสารถละลายมากขึ้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546)



ภาพที่ 2.4 การพองตัวของเม็ดแป้ง

ที่มา: Beynum และ Roels (1985)

การพองตัวของเม็ดสตาร์ช ในรูปของค่ากำลังการพองตัว (swelling power, SP) ซึ่งได้จาก ปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดสตาร์ชที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด เมื่อเม็ดสตาร์ชพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ และค่า ความสามารถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของสตาร์ชทั้งหมดในสารถละลายที่สามารถละลายได้ การพองตัวของเม็ดสตาร์ชขึ้นอยู่กับความแข็งแรงและลักษณะโครงสร้างของโมเลกุลภายในเม็ดสตาร์ช โดยมีปัจจัยที่ส่งผลคืออัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน น้ำหนักโมเลกุล ระดับความเป็นกึ่ง การ จัดเรียงตัวและความยาวของสายกิ่งในอะไมโลเพกติน นอกจากนี้สิ่งเจือปนในเม็ดสตาร์ชที่ไม่ใช่ คาร์โบไฮเดรตก็มีผลต่อการพองตัว

2.5.3.3 การเกิดเจลลาคติในเซชันของแป้ง (gelatinization)

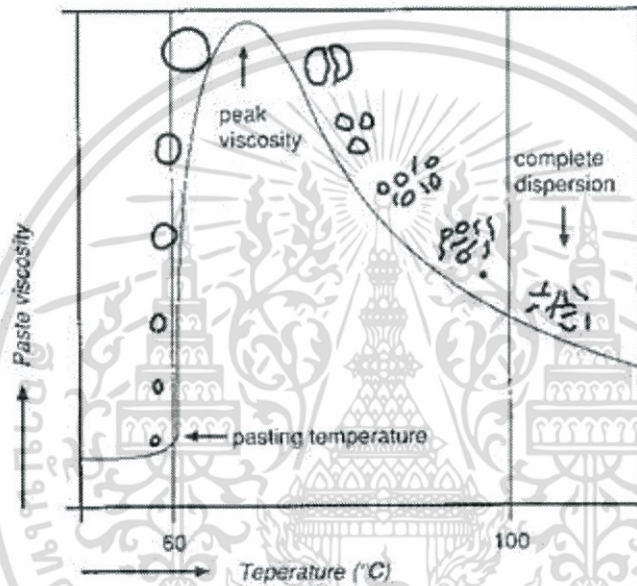
โมเลกุลของเม็ดแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) จำนวนมากยึดเกาะกัน ด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห (micelles) ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นยาก ระยะเวลาในการเกิด เจลลาคติในเซชันของเม็ดแป้ง (ภาพที่ 2.5) เป็นดังนี้

ระยะที่หนึ่ง ในขณะที่เม็ดแป้งอยู่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวเล็กน้อย ความหนืด ของสารถแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบ birefringence ได้

ระยะที่สอง เมื่อให้ความร้อนกับสารถละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะ ดูดน้ำและพองตัว ส่วนผลสมของน้ำแป้งจะมีความข้นหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำ อิสระที่เหลืออยู่รอบๆเม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด

ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการเกิดเจลลาตินในเซชัน (gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความร้อนเรียกว่า อุณหภูมิเจลลาตินไนซ์ เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดความร้อน มักเรียกจุดนี้ว่าอุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความร้อน (pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความร้อน (pasting time) ซึ่งจะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของแป้ง

ระยะที่สาม เมื่อให้ความร้อนต่อไปอีกรูปร่างของเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของเม็ดแป้งเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำไปทำให้เกิดเจล



ภาพที่ 2.5 ระยะในการเกิดเจลลาตินในเซชันของเม็ดแป้ง
ที่มา: Jenkins (1998)

ระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลลาตินในเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง เช่น ปริมาณไขมัน สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน การจัดเรียงตัวและขนาดของเม็ดแป้ง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินภายในเม็ดแป้งมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ ทำให้เม็ดแป้งมีขนาดต่างกัน แป้งชนิดต่างๆมีลักษณะการเกิดเจลที่ต่างกันออกไป (กล้าณรงค์ และ เกื้อกุล, 2546)

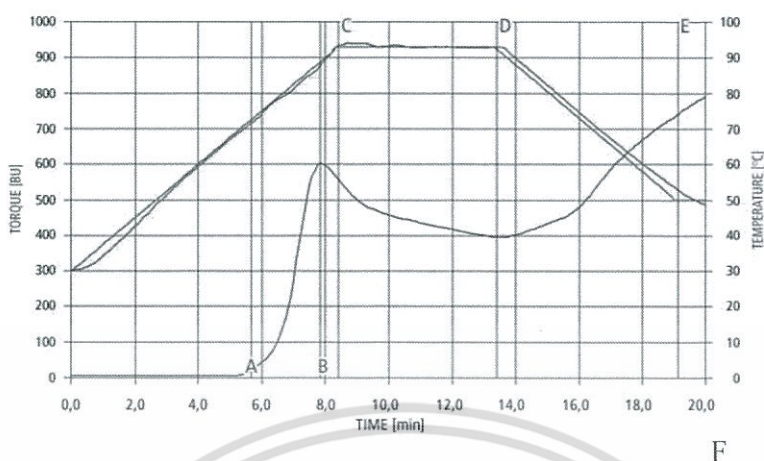
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.4 สมบัติทางความหนืดของแป้ง (Pasting properties)

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่ทำให้แป้งถูกนำไปใช้กับอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารหลายชนิด เมื่อแป้งได้รับความร้อนกับน้ำ จะทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้น ซึ่งพฤติกรรมการไหลเนื่องจากความหนืดของแป้งแต่ละชนิดและสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นกับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้น และมีชิ้นส่วนของเม็ดแป้ง และหรือโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินบางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ในสารละลายโดยโมเลกุลของอะไมโลสที่ซึมออกมาเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความหนืด (Kokini et al., 1992) เมื่อส่วนที่แตกสลายและละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มความหนืดจะเริ่มลดลง (breakdown) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่ออยู่ในช่วงการหุงต้มที่ 95°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสุกจะเป็นผลมาจากการพองตัวของเม็ดแป้ง และการแตกหักของเม็ดแป้งร่วมกับการละลายออกมาของโมเลกุลแป้ง แป้งมันฝรั่งจะมีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) สูงสุดและมีความสามารถในการทำให้ข้นหนืด (thickening power) สูงด้วย ในขณะที่แป้งข้าวโพดและแป้งสาลีจะมีความหนืดสูงสุดต่ำ เนื่องจากมีกำลังการพองตัวอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณอะไมโลสและไขมัน (กลีโคไลน และ กีโอลิน, 2546)

การติดตามพฤติกรรมของแป้งขณะได้รับความร้อนและแรงกลจากการกวนสามารถติดตามได้โดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์ วิสโคอะไมโลกราฟ (beabender viscoamylograph) ซึ่งจะได้รูปกราฟดังภาพที่ 2.6 จุดสำคัญบนเส้นกราฟที่ใช้พิจารณาสมบัติของแป้ง ตามกล่าวของ บุญทิศา (2548) ได้แก่

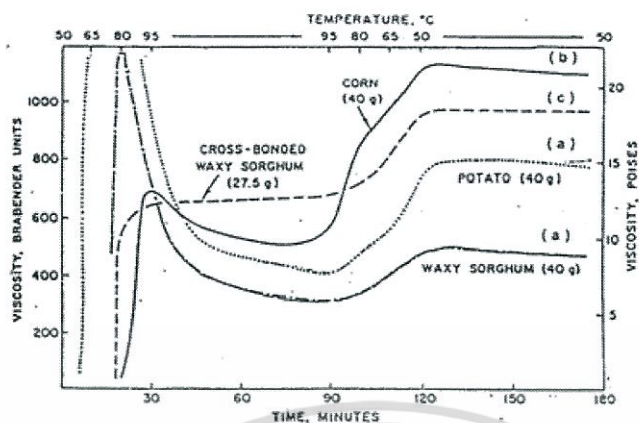
- a. อุณหภูมิเพสทิง (pasting temperature) เป็นอุณหภูมิที่มีความหนืดของเพสต์เริ่มปรากฏ อุณหภูมินี้แปรผันตามชนิดของแป้งและการตัดแปร รวมถึงการมีสารเติมแต่งในสารละลาย (จุด A)
- b. ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นจุดบนกราฟที่มีความหนืดสูงสุดปรากฏ โดยทั่วไปการต้มแป้งให้สุกจะต้องผ่านระยะนี้ (จุด B)
- c. ความหนืดที่ 95°C ความหนืดที่อุณหภูมินี้จะสะท้อนถึงความง่ายของการต้มแป้งให้สุก (จุด C)
- d. ความหนืดที่ 95°C จะแสดงหรือชี้บอกเสถียรภาพของเพสต์หรือแป้งเหนียวระหว่างการต้มแป้งภายใต้แรงเฉือนต่ำ (จุด D)
- e. ความหนืดที่ 50°C ความหนืดที่จุดนี้จะช่วยวัดการคืนตัว (setback) ของเพสต์ร้อนเมื่อทำให้เย็น (จุด E)
- f. ความหนืดที่ 50°C จะแสดงหรือชี้บอกเสถียรภาพของเพสต์สุกภายใต้สภาวะจำลอง (จุด F)



ภาพที่ 2.6 จุดสำคัญบนเส้นกราฟของเครื่อง Brabender Viscoamylograph
ที่มา: กล้าณรงค์ และเกื้อกุล (2546)

เมื่อลดอุณหภูมิลง โมเลกุลอิสระที่กระจุกกระจายออกมา (โดยเฉพาะส่วนของอะไมโลส) ถ้ามีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมคือ ไม่สั้นและยาวเกินไปก็จะสามารถเคลื่อนที่เข้ามาจับกัน และกักน้ำไว้ได้ทำให้ความหนืดสูงขึ้นอีก ความหนืดที่กลับสูงขึ้นนี้อีกนี้เรียกว่า setback และปรากฏการณ์นี้ก็คือการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) ความหนืดของสตาร์ชขึ้นอยู่กับความเข้มข้นเริ่มต้นของสตาร์ช สมบัติทางกายภาพและเคมีของเม็ดสตาร์ช เช่น ขนาดของเม็ดสตาร์ช การกระจายตัวของเม็ดสตาร์ช อัตราส่วนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพกติน และปริมาณแร่ธาตุ (Singh, 2003)

จากการแบ่งประเภทแป้งตามกราฟแสดงพฤติกรรมความหนืด ตามวิธีของ Schoch และ Maywald (1968) ซึ่งรูปแบบความหนืดของแป้งสุกจากแป้งชนิดต่างๆที่วัดด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ วิสโคไมโลกราฟ (Brabender viscoamylograph) แบ่งได้ 4 แบบดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 รูปแบบความหนืดของแป้งสุกจากแป้งชนิดต่างๆ
ที่มา:กล้าณรงค์ และเกื้อกุล (2546)

1 แบบ a เป็นลักษณะของกราฟที่ได้จากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวสูง (high swelling starch) ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้ง waxy จากธัญพืช เมื่อให้ความร้อนแก่พืชเหล่านี้เม็ดแป้งจะมีการพองตัวมาก ทำให้แรงที่ยึดกันภายในโมเลกุลอ่อนตัวลงและเม็ดแป้งจะแตกออกเมื่อได้รับแรงเฉือน ดังนั้นลักษณะกราฟของความหนืดจึงสูงขึ้นแล้วลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการต้มสุก

2 แบบ b เป็นกราฟของเม็ดแป้งที่มีการพองตัวปานกลาง (moderate-swelling starch) ได้แก่ แป้งจากธัญพืชทั่วไป เนื่องจากเม็ดแป้งจะไม่พองตัวมากถึงกับแตกออกลักษณะกราฟของความหนืดจึงสูงขึ้นน้อยกว่า และเกิดการสลายตัวระหว่างการต้มสุกน้อยกว่า

3 แบบ c เป็นกราฟของเม็ดแป้งที่มีการพองตัวจำกัด (restricted-swelling starch) ได้แก่ แป้งถั่วต่างๆ และแป้งแปรสภาพทางเคมีโดยการ cross-linked การ cross-linked ภายในเม็ดแป้งทำให้การพองตัวและการละลายลดลงและยังทำให้เม็ดแป้งที่พองตัวมีเสถียรภาพมากขึ้น ดังนั้นลักษณะกราฟของความหนืดจึงไม่ปรากฏยอดสูงสุด แต่มีค่าความหนืดสูงซึ่งอาจจะคงที่หรือเพิ่มขึ้นระหว่างการต้มสุก

4 แบบ d เป็นกราฟของเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อยมาก (highly-restricted swelling starch) ได้แก่ แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูง เช่น แป้งข้าวโพดที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 55-70 เปอร์เซนต์

การใช้แป้งในอุตสาหกรรมอาหารมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยทั่วไปแป้งที่เติมลงในอาหารอาจทำหน้าที่ต่างๆกัน ได้แก่ เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (thickening agent) ให้กับผลิตภัณฑ์ เช่น ซุปครีม ไข่พาย เป็นต้น เป็นสารเพิ่มความคงตัวของ

คอลลอยด์ (colloid stabilizer) เช่น น้ำสลดเป็นสารที่ทำให้เกิดลักษณะที่เป็นเจล (gel-forming agent) เป็นตัวเชื่อมส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ (binder) เป็นสารเคลือบและให้ความเป็นมันเงา (coating and glazing agent) เป็นต้น

2.5.3.5 แป้งมันสำปะหลัง

ถิ่นกำเนิดของมันสำปะหลัง อาจกล่าวได้ว่าอยู่ในอเมริกาใต้ บราซิล/เม็กซิโก มีการเรียกชื่อต่างๆกันตามรากศัพท์ภาษาอังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน โปรตุเกส เช่น cassava, mandioca, yucca, tapioca และ manioc ในทางพฤกษศาสตร์มันสำปะหลังเป็นพืชในวงศ์ (Class) ใบเลี้ยงคู่ (Dicotyledoneae) ตระกูล (Family) Euphobiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz. โดยชื่อเดิมมีการใช้ชื่อว่า *Manihot utilisima* Pohl. (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546)

แป้งมันสำปะหลัง (cassava flour หรือ tapioca flour) คือ ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่ได้จากการนำหัวมันสำปะหลังสดไปล้างทำความสะอาด แยกเอาดินหรือสิ่งสกปรกออก แล้วนำไปชูดเปลือกออกพร้อมกับสับให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นนำไปบดย่อย พร้อมทั้งแยกเอากากมันสำปะหลัง และน้ำแป้งออกจากกัน โดยตามนิยามของแป้งมันสำปะหลังตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ (2547) แป้งแป้งมันสำปะหลังออกเป็นดังนี้

“แป้งมันสำปะหลัง” หมายความว่า แป้งมันสำปะหลังประเภทสตาร์ช (Tapioca Starch) และแป้งมันสำปะหลังประเภทโมดิไฟด์สตาร์ช (Tapioca Modified Starch)

“แป้งมันสำปะหลังประเภทสตาร์ช (Tapioca Starch)” หมายความว่า แป้งที่ได้จากหัวมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการผลิต มีสีขาวหรือสีครีมอ่อน

“แป้งมันสำปะหลังประเภทโมดิไฟด์สตาร์ช (Tapioca Modified Starch)” หมายความว่า แป้งที่ได้จากการนำแป้งมันสำปะหลังมาเปลี่ยนสมบัติทางเคมี และ/หรือทางฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อน และ/หรือเอนไซม์ และ/หรือสารเคมีชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้

จากการศึกษาด้านจุลภาพเม็ดแป้งเป็นสารประกอบ โดยมากมีลักษณะรูปไข่ตัดปลายด้านหนึ่งเว้าเข้าข้าง เม็ดเป็นโค้งด้านหนึ่ง และอีกด้านหนึ่งราบเรียบ โดยปกติเม็ดแป้งมันสำปะหลังจัดเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำคือ ร้อยละ 18-23 (Defloor et al., 1998) และมีขนาดแตกต่างกัน โดยมีค่า degree of polymerization (DP) ตั้งแต่ 1,100-3,220 (Sriroth et al., 1999b; Suguki et al., 1985) ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีที่ใช้ในการวัดขนาด โครงสร้างของอะไมโลสจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นเส้นตรงและส่วนที่เป็นกิ่ง โดยอัตราส่วนของโครงสร้างที่เป็นเส้นตรงต่อโครงสร้างที่เป็นกิ่งจะมีค่าเท่ากับ 0.58 ต่อ 0.42 (Takeda et al., 1987) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแป้งข้าวโพด (0.56 : 0.44)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของแป้งมีสีขาว เนื้อเนียน ลื่นเป็นมัน เมื่อทำให้สุกด้วยการกวนกับน้ำไฟอ่อนปานกลาง แป้งจะละลายง่าย สุกง่าย แป้งเหนียวติดภาชนะ หนืดขึ้นขึ้นเรื่อยๆ ไม่มีการรวมตัวเป็นก้อน เหนียวเป็นใย ติดกันหมด เนื้อแป้งใสเป็นเงา พอเย็นแล้วจะติดกันเป็นก้อนเหนียว ติดภาชนะ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่มีสี เหมาะสมมากเมื่อนำมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะในอาหารจะไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม คุณสมบัติของแป้งตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะของแป้งมันสำปะหลังประเภทสตาร์ช

คุณภาพ		ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3
ความชื้น	ร้อยละ ไม่เกิน ไม่น้อย	13	14	14
แป้ง	ร้อยละ	97.5	96	94
เถ้า	ร้อยละ ไม่เกิน	0.15	0.3	0.5
เถ้าที่ไม่ละลายในกรด	ร้อยละ ไม่เกิน	1.05	0.1	0.15
โปรตีน	ไม่เกิน	0.3	0.3	0.3
เยื่อ (ลบ.ชม./50กรัมก่อน อบแห้ง)	ร้อยละ ไม่เกิน	0.2	0.5	1.0
ความเป็นกรด-ด่าง	ตั้งแต่	4.5-7	3.5-7	3.0-7
ความละเอียดแป้งที่สามารถผ่าน ตะแกรง ขนาด 150 ไมโครเมตร	ร้อยละ ไม่เกิน	95	95	95

หมายเหตุ : คำนวณจากน้ำหนักแห้งเป็นร้อยละ

ที่มา : มอก เลขที่ 274-2521

2.5.3.6 แป้งสาลี

ปริมาณองค์ประกอบหลักที่กระจายในเมล็ดข้าวสาลี จะปรากฏในส่วน เนื้อของเมล็ดมีสตาร์ชโปรตีน และไขมัน มากกว่าแร่ธาตุและเส้นใย ส่วนรำจะมีเส้นใยมาก แร่ธาตุรองลงมา มีไขมันและโปรตีนเล็กน้อย และเกือบไม่มีสตาร์ชเลย โดยสำหรับคัพภะจะมีไขมัน แร่ธาตุ และโปรตีนมาก แต่มีเส้นใยน้อยและไม่มีสตาร์ช องค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าวสาลี แสดงดังตารางที่ 2.4-2.5 และคุณสมบัติของแป้งสาลีแสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆของเมล็ดข้าวสาลี

ส่วนของเมล็ด	น้ำหนักกรัม ต่อ 100กรัม	องค์ประกอบ %				
		สตาร์ช	โปรตีน	เส้นใย	ไขมัน	แร่ธาตุ
รำ	15	0	20	92	30	67
เนื้อของเมล็ด	82	100	72	5	50	23
คัพภะ	3	0	8	3	20	10

ที่มา : Kent (1975)

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์ (มอก.375-2524) ได้ให้ความหมายของคำนิยามไว้ว่า

“เมล็ดข้าวสาลี (wheat kernel)” หมายถึง เมล็ดที่ได้จากต้นข้าวสาลีชนิดคอมมอน (common

wheat) ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ตรีติคัม อีสติวัม (*Triticum aestivum*) หรือต้นข้าวสาลีชนิดคลับ (Club wheat) ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ตรีติคัม คอมแพกตัม (*Triticum compactum*) หรือต้นข้าวสาลีชนิดดูรัม (durum wheat) ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ตรีติคัม ดูรัม (*Triticum durum*) ที่เอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกแล้ว

“แป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์” หมายถึง แป้งสาลีที่ได้จากการสีและบดเมล็ดข้าวสาลีชนิดคอมมอนหรือข้าวสาลีชนิดคอมมอนผสมกับคลับและ/หรือดูรัมซึ่งปราศจากสิ่งแปลกปลอม

แป้งข้าวสาลีจากเมล็ดของข้าวสาลี โดยข้าวสาลีที่นำมาไม่แป้ง แป้งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาลีชนิดแข็ง (Hard Wheat) และข้าวสาลีชนิดอ่อน (Soft Wheat) โดยใช้ส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มนำมาไม่ (milling) ให้เป็นผงละเอียด มีลักษณะเป็นผงมีสีขาว เมื่อทำให้สุกจะมีลักษณะร่วนเหลวไม่อยู่ตัว มีปริมาณอะไมโลสประมาณร้อยละ 23-28 (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546) แป้งสาลี มีโปรตีนที่ทำให้แป้งสาลีมีสมบัติเฉพาะที่ต่างจากแป้งอื่นๆ ปริมาณของโปรตีนสองชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลูเตนิน และไกลอะดิน ซึ่งเมื่อนำมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่า “กลูเตน” จะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (disulfidebond) ทำให้ได้กลูเตน ซึ่งมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น คุณสมบัติของกลูเตน คือ เป็นตัวเก็บก๊าซเอาไว้ ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของขนมและจะเป็นโครงสร้างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากเตาอบ (อรอนงค์, 2532) คุณภาพของแป้งสาลีขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวสาลีซึ่งทำให้ได้ลักษณะของขนมต่างกัน

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบของแป้งสาลี

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%)
แป้งสตาร์ช (starch)	70
ความชื้น	15
โปรตีน	11.5
น้ำตาล	1
ไขมัน	1
แร่ธาตุ	0.2
อื่นๆ	2

ที่มา : จิตธนา และ อรอนงค์ (2546)

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของแป้งสาลี

คุณสมบัติ	แป้งสาลี	
ขนาดเม็ดแป้ง (ไมครอน)	1-40	a
ปริมาณอะไมโลส (%)	24-27	b
ขนาดอะไมโลส (Degree of polymerization)	800-1600	b
อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting temperature, °ซ)	77	c
ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity, RUV)	65	c
ความหนืดสุดท้าย (Final viscosity, RUV)	270	c
ความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity, RUV)	60	c
อุณหภูมิเริ่มต้นเกิดเจลลาคีไนซ์ (Onset temperature, T_0 , °ซ)	48-50	d
อุณหภูมิสูงสุดที่เกิดเจลลาคีไนซ์ (Peak temperature, T_p , °ซ)	59-62	d

ที่มา : a Ellis และคณะ, 1998; b Hizukuri, 1996; c Watson, 1984;

d Eliasson และ Gudmundsson, 1996)

แป้งสาลีที่ผลิตออกขายในท้องตลาดทั่วไปมีอยู่ 3 ชนิด (สถาพร ถาวรธิวาสน์) คือ

- ก. แป้งขนมปัง มีโปรตีนสูง ร้อยละ 12-14 เหมาะสำหรับทำขนมปังต่างๆไป
- ข. แป้งเนกประสงค์ มีโปรตีนปานกลาง ร้อยละ 10-11 เหมาะสำหรับทำเพสตรี คุกกี้ บะหมี่ ปาท่องโก๋
- ค. แป้งเค้ก มีโปรตีนต่ำ ร้อยละ 7-9 เหมาะสำหรับทำเค้ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 โปรตีน

โปรตีนมีการนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของซูริมิ โดยโปรตีนที่เติมลงไปนในซูริมิส่วนใหญ่มีกลไกการทำงานในลักษณะสารเติมเต็มชนิด simple filler ความสามารถในการดูดซับน้ำอย่างรวดเร็ว ก่อนเติมลงในโซล มีผลต่อการขัดขวางการเกิดเจล โปรตีนบางชนิดโดยเฉพาะชนิดละลายน้ำ สามารถจับกับโปรตีนไมโอไฟบริลก่อนการเกิดเจล ส่งผลต่อการขัดขวางการเกิดเจลของโปรตีน อย่างไรก็ตาม โปรตีนบางชนิด ซึ่งมีสมบัติในการเกิดเจลอาจเกิดโครงสร้างแบบแทรกสอดกับโครงข่ายโปรตีน สำหรับโปรตีนที่สามารถเกิดเจลร่วมกับโปรตีนไมโอไฟบริล เช่น โปรตีนที่สกัดจากถั่วเหลือง (soy protein isolate) โปรตีนจากพลาสมาเลือด (blood plasma protein)

การเติมโปรตีนซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีนชนิดทรงกลมนี้มีแนวโน้มลดความแข็งแรงและการยึดเกาะของเจล (Lee และ Kim, 1986) ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนดังกล่าวจะขัดขวางการเกิดเจลของแอกโตไมโอซิน อย่างไรก็ตาม Westerly et al. (1980) รายงานว่า การเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสามารถเพิ่มความแข็งแรงของเจลซูริมิที่มีคุณภาพต่ำ และไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเจลของซูริมิคุณภาพปานกลาง แต่จะมีผลลดคุณภาพของเจลซูริมิคุณภาพสูง โดยทั่วไปโปรตีนที่เติมลงในซูริมิ จะทำหน้าที่เป็นสารเติมเต็มในโครงข่ายของเจล ถึงแม้ว่าโปรตีนเหล่านี้ จะแย่งจับกับโมเลกุลน้ำและมีผลขัดขวางการเกิดเจลได้ในระดับหนึ่ง แต่โปรตีนเหล่านี้ สามารถจับกับน้ำในเมทริกซ์ (matrix) ของเจลที่ผ่านความร้อนส่งผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงของเจล

โปรตีนชนิดละลายน้ำสามารถจับกับตัวโปรตีนไมโอไฟบริลก่อนกระบวนการเกิดเจล ดังนั้น จึงมีผลขัดขวางการเกิดเมทริกซ์ของเจล สำหรับโปรตีนที่สามารถเกิดเจลอาจก่อให้เกิดการสร้างโครงข่ายของเจลและแทรกสอดในเจลซูริมิ โปรตีนบางชนิดที่มีความสามารถในการเกิดเจลร่วมกับโปรตีนไมโอไฟบริล เช่น ไพบรีโนเจนในพลาสมา และส่วนแยกสกัดของโปรตีนถั่วเหลือง (Lanier, 1990) การเติมโปรตีนอาจมีผลเปลี่ยนแปลงสภาวะที่ก่อให้เกิดเจล เช่น pH ส่งผลต่อการเปลี่ยนรูปแบบโครงข่ายของเจล (Lee et. al., 1992) โปรตีนมีผลต่อสมบัติของเจลซูริมิแตกต่างกัน

โปรตีนที่นิยมใช้ในซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมิมียากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีปริมาณการใช้ในซูริมิที่แตกต่างกัน เนื่องจากโปรตีนแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน ดังนั้นการใช้โปรตีนจึงควรมีการพิจารณาอย่างเหมาะสม

โปรตีนเวย์เข้มข้นถูกใช้เป็นสารเติมเต็มและลดต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตามโปรตีนชนิดนี้ มีผลลดความแข็งแรงของเจลและให้ความคงตัวระหว่างการแช่แข็ง - ทำละลายต่ำ โปรตีนจากนมชนิดอื่น เช่น เคซีน โปรตีนสกัดจากหางนม แล็กทัลบูมิน มีผลลดความแข็งแรงของเจล Chung and Lee (1990) รายงานว่า โปรตีนจากนมให้ค่า compressive force ต่ำกว่าชุดควบคุมและโปรตีนชนิดอื่น

โปรตีนที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำขึ้นรูป ประกอบด้วยโปรตีนเวย์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในการปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ และสมบัติเชิงกลของเจลซูริมิที่เตรียมจากปลา

goatfish (Benjakul et al., 2010) ใช้ขาว ใช้ในการปรับปรุงเจลของซูริมิที่เตรียมจากปลาชนิด (Hunt et al., 2009) และการใช้ขอยโปรตีนไอโซเลตในการปรับปรุงเจลซูริมิที่เตรียมจากปลา siver carp (Luo et al., 2008)

2.5.5 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ ได้แก่ สตาร์ช และสตาร์ชตัดแปรประเภทต่างๆ โดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ในกลุ่มของสตาร์ช ส่งผลให้เกิดการสร้างพันธะกับส่วนต่อเนื่อง (continuous phase) ของเจล ได้แก่ส่วนของโปรตีน ทำให้เจลมีความแข็งแรงขึ้น ไฮโดรคอลลอยด์ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ได้แก่ สตาร์ช คาร์ราจีแนน มิงงานวิจัยที่ศึกษาสมบัติเชิงวิทยาการแอส (Rheological property) ของส่วนผสมระหว่างโปรตีนและสารในกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ มาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันต่ำ (Low fat foods) ของผลิตภัณฑ์อาหาร (Zhu et al., 2008)

2.5.6 กัม (Gum) เป็นสารที่ใช้ในการปรับปรุงสมบัติของผลิตภัณฑ์ขึ้นรูป (restructured product) เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากราคาไม่แพง โดยช่วยปรับปรุงร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์ และความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างสารในกลุ่มกัมที่นิยมใช้ ได้แก่ คาร์ราจีแนน คอนยัค นอกจากนี้ยังมี อัลจีเนตที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ เป็นต้น (Moreno et al., 2009)

2.6 การทำแห้ง

การทำแห้ง (Drying) หรือการกำจัดน้ำ (Dehydration) หมายถึง การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน อาหารแห้งแต่ละชนิดจะมีความชื้นในระดับที่ปลอดภัยไม่เท่ากัน การทำแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่มนุษย์คุ้นเคยมาแต่โบราณ เช่น เนื้อเค็ม ปลาเค็ม กุ้งตาก เป็นต้น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เรียกว่า การตากแห้ง การใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้า ก๊าซ หรือไอน้ำในเครื่องอบแห้งเรียกว่า การอบแห้ง จึงรวมเรียกทั้งสองอย่างว่า การทำแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2546)

การอบแห้งอาหารทั่ว ๆ ไป อาศัยหลักการที่ว่าน้ำหรือความชื้นที่มีในอาหารสูง ๆ จะทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ และจากปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะแก่อาหารแต่ละชนิดแล้ว จะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายไปยังผิวหน้าของอาหาร และน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอในของอาหารเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอขึ้นอาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสูงและ

ค่อย ๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหารซึ่งน้ำในอาหารจะมีการเคลื่อนที่จากภายในออกมาที่ผิวหน้าเพื่อระเหยออกไปนั้นมี 2 แบบ คือ การเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์ (Capillary Force) น้ำจะมีการเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างระหว่างเซลล์อาหารทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็วและอีกแบบ คือ การแพร่ (Diffusion) ผ่านเซลล์น้ำในอาหารจะเคลื่อนที่จากภายในอาหารไปยังผิวหน้าโดยการแพร่ผ่านเซลล์ของอาหารน้ำจะมีการเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ การเคลื่อนที่ของน้ำแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของอาหารมีการเคลื่อนที่มาชิดกันมากขึ้นเมื่อการทำแห้งผ่านไปได้ระยะหนึ่ง

ในระหว่างการทำแห้ง อัตราการทำแห้งจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกของการทำแห้งน้ำจะมีการเคลื่อนที่แบบผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์ (Capillary Force) ทำให้อัตราการระเหยของน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็วเรียกว่า ช่วงการอบแห้งแบบคงที่ (Constant Rate Period) ส่วนช่วงที่ 2 ของการอบแห้งน้ำจะมีการเคลื่อนที่แบบการแพร่ซึ่งมีอัตราการเคลื่อนที่ที่ช้าเรียกว่า ช่วงการอบแห้งแบบลดลง (Falling Rate Period) ดังนั้นในระหว่างการทำแห้งในช่วงแรกอัตราการทำแห้งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และค่อย ๆ ช้าลงจนถึงจุด ๆ หนึ่งน้ำจึงหยุดการระเหย

2.6.1 กลไกการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหาร ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหาร ทำให้น้ำในอาหารระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่

สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอภายในของอาหาร ส่งผลทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอขึ้น อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสูงและค่อย ๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหารโดยน้ำจะเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าด้วยกลไกต่อไปนี้ (จีโล, 2552)

- 1) การเคลื่อนที่ของของเหลวโดยแรงแคปิลารี (capillary)
- 2) การแพร่ผ่านของเหลวที่เกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวละลายในอาหารส่วนต่าง ๆ
- 3) การแพร่ผ่านของของเหลวที่ถูกดูดซับโดยผิวหน้าของของแข็งในอาหาร
- 4) ความแตกต่างของความดันไอทำให้เกิดการแพร่ของไอน้ำในช่องอากาศของอาหาร

2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2546)

การทำแห้งคือ การเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร ปัจจัยใด ๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายน้ำจึงมีผลต่ออัตราเร็วการทำแห้ง ได้แก่

1) ธรรมชาติของอาหาร

อาหารเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งได้เร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็วขึ้น

2) ขนาดและรูปร่าง

ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมากทั้ขั้บถกกันการระเหยเกิดได้เฉพาะพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้ง ๆ ที่พื้นที่ต่อน้ำหนักมาก

3) ตำแหน่งของอาหารในเตา

น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

4) ปริมาณอาหารต่อถาด

ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อน หรือได้รับความร้อนจากถาดแล้ว แต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

5) ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน

อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มาก จะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อย จึงมีผลในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

6) อุณหภูมิของอากาศร้อน

ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้นจึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงด้วย

7) ความเร็วของลมร้อน

ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อนาที นอกจากนั้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเตา อากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น และจะถูกกำจัดหมดเมื่อน้ำร้อนมีอุณหภูมิ 85 – 100 °C ดังนั้นจึงมักกำหนดให้เดิมน้ำร้อนที่ 100 °C เสมอ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วารางคณา และ สมพงษ์ (2547) ได้ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ซูริมิ โดยศึกษาชนิด และ ปริมาณแป้งที่เหมาะสม การผลิตเต้าหู้ซูริมิทำโดยการนวดผสมซูริมิกับเกลือ และนำไปนวดผสมกับ

อิมัลชันที่เตรียมโดยการผสมน้ำ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดบริสุทธิ์สูง (ISP) และน้ำมันถั่วเหลืองในอัตราส่วน 7 : 1.5 : 1 โดยน้ำหนัก นำของผสมที่ได้ไปนึ่ง และทอดแบบน้ำมันท่วม สูตรที่ใช้ในการผลิต ประกอบด้วยปริมาณอิมัลชัน ร้อยละ 70.25 ซูริมิ ร้อยละ 23.4 น้ำแข็ง ร้อยละ 4.68 และเกลือ ร้อยละ 1.67 โดยน้ำหนัก การศึกษาในครั้งนี้ได้แปรชนิดของแป้ง 6 ชนิด ได้แก่ ISP แป้งขนมปัง แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม และแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน และแปรปริมาณ 2 ระดับ ที่ ร้อยละ 2.5 และ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด พบว่า การใช้แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักส่วนผสม มีความเหมาะสมที่สุดให้ค่าสี ($L^* a^* b^*$) เท่ากับ 53.46 8.94 และ 23.78 ตามลำดับ ให้แรงตัดขาดเท่ากับ 511.53 กรัม ได้รับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส และรสชาติสูงที่สุด ($P \leq 0.05$) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิ มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 61.90 โปรตีน 14.45 ไขมัน 9.46 เกล็ด 2.58 และคาร์โบไฮเดรต 11.61 จากการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ราเท่ากับ 25 และ 20 cfu/กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย ได้แก่ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholera*, *Salmonella spp.* มีความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารปรุงสุกแช่เย็นของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

Wang et al. (2013) ศึกษาสมบัติทางความร้อน และลักษณะโครงสร้างของเจลเนื้อปลาที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลัง จากนั้นขึ้นรูปเป็นลักษณะแผ่น และผ่านการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศ ผลการทดลองพบว่า เจลที่เตรียมจากปลาเพียงอย่างเดียว และเตรียมจากปลาที่ผสมกับแป้งมันสำปะหลังนั้น เจลมีลักษณะที่ขยายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง นอกจากนี้พบว่าการให้ความร้อนที่สูงขึ้นส่งผลให้เจลมีการลดลงของค่าความแข็ง และความหนาแน่น ในขณะที่มีความกรอบเพิ่มขึ้น

Cardoso et al. (2010) ศึกษาผลของเกลือ และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่มีต่อลักษณะเจลของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ โดยการใช้เอนไซม์ที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 0.25-2.5 w/w ร่วมกับการใช้เกลือในปริมาณ ร้อยละ 0.5 ผลการทดลองพบว่าการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ส่งผลให้เจลมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น โดยมีค่าความแข็งแรงของเจลที่เพิ่มขึ้น โดยผลการทดลองยังพบอีกว่าการใช้เอนไซม์เพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 0.25 w/w) ร่วมกับการใช้เกลือ ร้อยละ 0.5 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะของเจลของผลิตภัณฑ์มีลักษณะด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพโดยรวมไม่แตกต่างจากกรณีการใช้เกลือเพียงอย่างเดียว แต่ใช้เกลือในปริมาณสูง 1.0%

Sanchez-Alonso et al. (2007) นำหิวทไฟเบอร์มาใช้ในการปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำขึ้นรูป โดยการนำหิวทไฟเบอร์ขนาดต่างๆ มาผสมในเนื้อปลาฮาเก และปลาแมคเคอเรล ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณไฟเบอร์ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่สูงขึ้น รวมทั้งความสามารถของโปรตีนในการจับกับน้ำสูงขึ้นเช่นกัน

Ramirez et al. (2007) ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส และโปรตีนเวย์เข้มข้นในการเป็นสาร additive ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปจากปลาหมอเทศ (*Mugil cephalus*) ซึ่งเป็นปลาที่มีสีเข้ม และมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ โดยผลการทดลองพบว่าการใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ในปริมาณ 3 กรัมต่อเนื้อปลา 1 กิโลกรัม ร่วมกับการใช้เกลือ 10 กรัมต่อเนื้อปลา 1 กิโลกรัม สามารถปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปจากปลาหมอเทศได้ โดยสามารถเพิ่มความแข็งแรงของเจลผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่ากรณีการใช้เวย์โปรตีนเข้มข้น

Uresti et al. (2003) ศึกษาผลของการใช้ low methoxyl pectin ในการปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ และลักษณะเนื้อสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำขึ้นรูป โดยการเติม low methoxyl pectin ร้อยละ 1-5 ร่วมกับการเติมเกลือ ร้อยละ 0 และ 2 ผลการทดลองพบว่า การเติม low methoxyl pectin ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นสีเหลือง และสีแดงเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ low methoxyl pectin ยังมีส่วนช่วยในการเพิ่มความแข็งแรงของเจล ลดการสูญเสียน้ำในระหว่างการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าปริมาณของ low methoxyl pectin ที่เหมาะสมในการปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำ และสมบัติเชิงกลของเจล คือที่อัตราส่วน ร้อยละ 1

ในระหว่างกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร น้ำในอาหารมีการเคลื่อนที่จากภายในมายังที่ผิว และจากที่ผิวไปสู่บรรยากาศ ลักษณะเฉพาะของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของอาหาร ได้แก่ ความหนาแน่นของอาหาร การเกิดการหดตัวของอาหาร ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ เป็นต้น ปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวส่งผลต่อคุณภาพและการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั้งสิ้น

Kerdpi boon et al. (2007) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงเชิงกายภาพของแครอท ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบอากาศร้อน เครื่องอบแห้งแบบระเหิด และเครื่องอบแห้งแบบใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีการหดตัวน้อยกว่า และมีความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับมากกว่าตัวอย่างที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่ำในกรณีที่ใช้เครื่องอบแห้งชนิดเดียวกัน จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงเชิงกายภาพของตัวอย่างในระหว่างการอบแห้งแบบใช้อากาศร้อน แบบระเหิด และแบบใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ความดันต่ำโดยการใช้ค่ามิติแฟรคทัล (Fractal dimension, เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย) พบว่าค่ามิติแฟรคทัลเป็นดัชนีที่สามารถใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในตัวอย่างและมีความสัมพันธ์กับค่าร้อยละของการหดตัวและความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับของตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นสูง ($R^2 > 0.95$)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 เศษเนื้อปลา Alaska Pollock บดอัดก้อนแช่เยือกแข็ง (ขนาดบรรจุก้อนละ 7 กิโลกรัม) จากบริษัทไทยเดลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด ตำบลท้ายบ้าน อำเภอเมืองจังหวัดสมุทรปราการ

3.1.1.2 แป้งมันสำปะหลังตรา จากบริษัท อี.ซี. เอ๊ยบตงจัน จำกัด

3.1.1.3 แป้งสาลี ตราราวา ผลิตที่บริษัท ยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด (มหาชน) อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

3.1.1.4 เกลือปรีโภาค ตราปรุngthipy

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl)

3.1.2.2 กรดบอริก (H_3BO_3)

3.1.2.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.1.2.4 คอปเปอร์(II)ซัลเฟต ($CuSO_4$)

3.1.2.5 โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์สำหรับผลิตกึ่งแห้งเทียม

3.2.1.1 เครื่องสับผสม (SIRMAN รุ่น C6W, ITALY)

3.2.1.2 ตู้อบลมร้อนแบบถาด

3.2.1.3 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.2.1.4 ถังพลาสติกกรอง

3.2.1.5 ถังบรรจุชนิดสูญญากาศ

3.2.1.6 อุปกรณ์เครื่องครัว

3.2.2 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์

3.2.2.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

3.2.2.2 เครื่อง Hot air oven

3.2.2.3 เครื่องวัดสี (Minolta CR-300, Japan)

3.2.2.4 เครื่อง Texture Analyzer (Stable Micro system TA-XT2i, UK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.5 เดซีเคเตอร์

3.2.2.6 Moisture can

3.2.2.7 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมเนื้อปลาสด

นำเนื้อปลาสด Alaska Pollock แช่เยือกแข็งจากบริษัทไทยเดลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด ตำบลท้ายบ้าน อำเภอเมืองจังหวัดสมุทรปราการ ขนาดก้อนละ 7 กิโลกรัม มาทำแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสการละลายที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเนื้อปลาสดมาชั่งน้ำหนัก 400 กรัม

3.3.2 การเตรียมส่วนผสม

ใช้สูตรที่ดัดแปลงจากสูตรของYang และคณะ(2014)

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนผสมในการผลิตกึ่งเทียม

ชนิดแป้ง	น้ำหนักส่วนผสม (กรัม)				
	เนื้อปลาสด	เกลือ	แป้งสูตรที่ 1 (15%)	แป้งสูตรที่ 2 (20%)	แป้งสูตรที่ 3 (25%)
แป้งมันสำปะหลัง	400	6	60	80	100
แป้งสาลี	400	6	60	80	100

ที่มา:ดัดแปลงจาก Yang et. al. (2014)

3.3.3 การเตรียมแบทเทอร์

3.3.3.1 การสับผสมแบทเทอร์

นำเนื้อปลาสด 400 กรัม มาสับผสมด้วยเครื่องสับผสม (SIRMAN รุ่น C6W, ITALY) เป็นเวลา 30 วินาที ใส่เกลือลงไปเนื้อปลา สับผสมต่อเป็นเวลา 4 นาทีจนเนื้อปลามีลักษณะเนียนขึ้น และมีสีอ่อนลง (ทำการปาดอ่างผสม 1-2 ครั้ง) ใส่แป้งลงไปสับผสมเป็นเวลา 8 นาที จนแบทเทอร์ที่ได้มีลักษณะเหนียว (ทำการปาดอ่างผสม 1 ครั้ง) (แสดงดังภาพที่ 3.1)

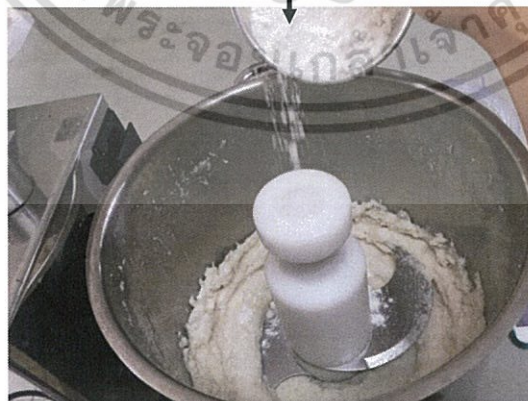
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นำเนื้ปลาบด 400 กรัม มาทำการสับผสม



ใส่เกลือลงไปใ้เนื้ปลา



ใส่แป้งลงไปสับผสม จากนั้นสับผสมต่อจนแบทเทอร์มีลักษณะเนียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลักษณะของแบทเทอร์
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสับผสม

3.3.4 การขึ้นรูปกึ่งแห้งเทียม

นำแบทเทอร์ที่ได้จากขั้นตอนการสับผสม มาบรรจุลงถาดพลาสติก(ชุดถาดบีบ) ที่ตัดกันถาดแล้วใส่หัวบีบผลิตภัณฑ์เบเกอรี่รูปวงกลม ขนาดเบอร์ 8 แล้วบีบลงถาดอลูมิเนียมขนาดลึก 1 เซนติเมตร ที่มีผ้าขาวบางรองอยู่ แล้วนำไปนึ่งในลังถึงที่อุณหภูมิ 95-100°C เป็นเวลา 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 การขึ้นรูปกึ่งเทียม



ภาพที่ 3.3 การนำกึ่งเทียมที่ผ่านการขึ้นรูปมาเซ็ทเจลโดยการนั่งบนลังถึง

3.3.5 การอบแห้ง

นำกึ่งเทียมที่ผ่านการขึ้นรูปวางบนถาด Tray dry จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนแบบ ถาดที่อุณหภูมิ 60°C 70°C และ 80°C เป็นระยะเวลาที่กำหนด ได้แก่ 0 30 60 90 120 150 และ 180 นาที โดยเมื่อครบ 1 ชั่วโมงจะทำการพลิกด้านหนึ่งครั้ง

3.3.6 ศึกษาผลของเวลาและความเข้มข้นของแป้งที่มีผลต่อคุณภาพของกึ่งแห้งเทียม

3.3.6.1 วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยใช้เครื่อง Hot air oven ตามวิธีของ AOAC (2000) คำนวณปริมาณความชื้นโดยสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%db)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}} \times 100 \quad \text{--- (1)}$$

3.3.6.2 ค่าสี ($L^* a^* b^*$) โดยเครื่องวัดสี Minolta (CR-300, Japan)

3.3.6.3 วัดคุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิธีการ Texture Profile Analysis โดยใช้เครื่องมือ Texture analyzer และรายงานผลเป็นค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเป็นสปริง (springiness) ค่าความสามารถยึดเกาะ (cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่นตัว (gumminess) และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (chewiness) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer

3.3.6.4 วิเคราะห์ค่าการหดตัว (shrinkage) โดยวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง ซึ่งวิเคราะห์ได้จากปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการให้ความร้อน โดยตัดสินจากปริมาตรที่ถูกแทนที่ด้วยสารละลาย n-hexane ในภาชนะทรงกระบอก (Kerdpiboon et. al., 2006) คำนวณ %shrinkage ได้จาก

$$\text{ค่าการหดตัว (\%Shrinkage)} = \left(\frac{V_i - V}{V_i} \right) \times 100$$

โดยที่ V_i คือ ปริมาตรเริ่มต้น

V คือ ปริมาตรภายหลังการให้ความร้อน

3.3.6.5 วิเคราะห์คุณสมบัติในการคืนตัว (Rehydration) ทำได้โดยการจุ่มตัวอย่างที่ผ่านการทำให้แห้งลงในน้ำเดือด (100°C) เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเอาน้ำออกแล้วนำไปชั่งน้ำหนักก่อนนำไปคำนวณในสูตร

$$\text{Rehydration ratio} = \frac{M}{M_0}$$

โดยที่ M คือ มวลของตัวอย่างแห้ง

M_0 คือ มวลของน้ำหนักรวมที่ผ่านการ Rehydration (Kerdpiboon และคณะ,

2006)

3.3.7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ค่าความชื้น ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าการหดตัว และคุณสมบัติในการคืนตัว วางแผนการทดลองทางสถิติด้วยวิธี Factorial in CRD ปัจจัยที่ศึกษา 3 ปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิในการอบแห้ง ระยะเวลาในการอบแห้ง และความเข้มข้นของแป้ง ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ความแตกต่างแบบ Duncan's multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ผลทางสถิติ

บทที่ 4






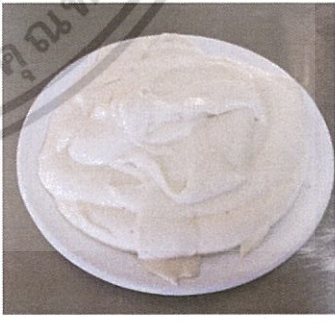
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ลักษณะทางกายภาพของแบทเทอร์

4.1.1 ลักษณะของแบทเทอร์

จากลักษณะของแบทเทอร์ที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลี ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน สังเกตเห็นได้ว่าแบทเทอร์ที่มีส่วนผสมของแป้งสาลีมีสีขาวนวล เข้มกว่าแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากข้าวสาลีมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวนวล และมีความหนืดค่อนข้างมากกว่า ทั้งนี้เป็นสาเหตุจากเพราะแป้งสาลีมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง มีความสามารถในการพองตัวต่ำทำให้มีความหนืดที่มากกว่า อีกทั้งในแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตนินและไกลอะดินสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) ทำให้ได้กลูเตน (gluten) ซึ่งมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ทำให้แบทเทอร์ที่ได้มีลักษณะเหนียวหนืดกว่า ส่วนแบทเทอร์ที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังจะมีสีขาวที่อ่อนกว่า เนื้อสัมผัสของแบทเทอร์มีลักษณะค่อนข้างเหลว เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำ จึงทำให้มีความสามารถในการพองตัวสูง การละลายสูง ความหนืดต่ำกว่า และพบได้ว่าถ้าความเข้มข้นของแป้งทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 15 20 และ 25) ส่งผลให้แบทเทอร์ที่ได้มีความหนืดสูงขึ้นตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของเบทเทอร์ที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลี

ความเข้มข้น	แป้งมันสำปะหลัง	แป้งสาลี
15%		
20%		
25%		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 ลักษณะทางกายภาพของแบทเทอร์ที่มีการเติมแป้งและผ่านกระบวนการนี้

จากภาพที่ 4.1 และ 4.2 แสดงลักษณะของแบทเทอร์ที่ผ่านการนึ่งด้วยลังถึง พบว่าแบทเทอร์ที่มีส่วนผสมของแป้งสาลีมีลักษณะหนืดค่อนข้างน้อย เพราะแป้งสาลีมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าอะไมโลเพกติน ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลสมีลักษณะเป็นสายยาว จึงมีโอกาที่จะจับคู่กับอะไมโลสอีก โมเลกุลหนึ่งเป็นสายยาวคู่ขนานเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจนกลายเป็นตาข่ายมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงและตกตะกอน(วุฒิชัย,2551) เกิดปรากฏการณ์รีโทรเกรเดชันลดลง ทำให้เม็ดสตาร์ชในแป้งสาลีสามารถกลับมารวมตัวกันได้น้อย ส่วนแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลสต่ำ อะไมโลเพกตินสูงทำให้น้ำสามารถแทรกซึมเข้าไปในเม็ดสตาร์ชได้ง่ายกว่าและเกิดการพองตัว เมื่อมีการกวนอยู่ตลอดเวลา จะทำให้เม็ดสตาร์ชเริ่มดูดซับน้ำ พองขึ้นและทำให้ค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลทำให้แบทเทอร์ที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะหนืด



ภาพที่ 4.1 แบทเทอร์ที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลัง



ภาพที่ 4.2 แบทเทอร์ที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี

4.1.1.3 ลักษณะทางกายภาพของแบทเทอร์ที่มีการเติมโปรตีนเวย์เข้มข้น




จากผลของโปรตีนเวย์เข้มข้นที่มีต่อคุณภาพของแบทเทอร์ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยใส่โปรตีนเวย์เข้มข้นในระดับเริ่มต้นที่ 1% จากนั้นนำไปนึ่ง พบว่า แบทเทอร์มีลักษณะละเอียด ร่วน เบา พู ไม่เกาะตัว ขึ้นรูปได้ยาก ต่อมาจึงทำการเพิ่มความเข้มข้นเป็น 3% และนำไปผ่านการนึ่งเช่นเดิม จากนั้นจึงทำการทดลองโดยเพิ่มระดับความเข้มข้นของโปรตีนเวย์เข้มข้นอีกครั้ง โดยเพิ่มเป็น 5% แบทเทอร์ยังคงมีลักษณะเหลวละ เมื่อผ่านการนึ่ง มีลักษณะเบาฟูไม่เกาะตัวกัน ร่วนซุย การยึดเกาะกันของแบทเทอร์ยังมีน้อย แม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้น อย่างไรก็ตาม ได้นำแบทเทอร์ดังกล่าวไปผ่านการให้ความร้อนด้วยการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง พบว่า แบทเทอร์ยังคงมีลักษณะร่วนซุย เบาฟู ไม่เกาะตัวกัน อีกทั้งยังติดถาด tray dry เป็นอย่างมาก และเมื่อนำมาหาค่า rehydration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ratio ไม่สามารถทำการทดลองได้ เนื่องจากแบทเทอร์ที่นำมาขึ้นรูปเป็นทรงกลมนั้น เมื่อใส่ลงในน้ำเดือดเกิดการแตกตัว กระจายเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย ไม่สามารถเกาะตัวเป็นรูปทรงเดิมได้

เพราะฉะนั้น กล่าวได้ว่า การนำสารเติมแต่งประเภทโปรตีนเวย์เข้มข้นมาใช้ในการขึ้นรูปในกึ่งแห้งเทียมในสถานะที่ใช้ในการทดลองไม่สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งเทียมได้ โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของแบทเทอร์และผลิตภัณฑ์อบแห้งที่มีการเติมโปรตีนเวย์เข้มข้น

ขั้นตอนการผลิต	โปรตีนเวย์เข้มข้น
การสับผสม จนเป็น batter	
การนึ่ง	
การขึ้นรูป	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของแบทเทอร์และผลิตภัณฑ์อบแห้งที่มีการเติมโปรตีนเวย์เข้มข้น (ต่อ)

การอบ	
ความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับ	

จากการสังเกตลักษณะเบื้องต้นของกึ่งเทียมและกึ่งแห้งเทียมที่มีการเติมสาร additive ในปริมาณ ร้อยละ 15 20 และ 25 ตามสูตรที่ดัดแปลงจากสูตรของYang et al. (2014) นั้น แม้พบว่า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลี มีแนวโน้มในการใช้เป็นส่วนผสมสำหรับกรขึ้นรูปกึ่งเทียม อย่างไรก็ตาม ลักษณะของแบทเทอร์ที่ค่อนข้างเหลว เป็นข้อจำกัดของการนำส่วนผสมไปผ่านกระบวนการขึ้นรูปเป็นตัวกึ่ง ดังนั้นในการทดลองส่วนต่อไปจึงมีการปรับ ปริมาณสาร additive ที่ใช้ในการทดลอง เป็น ร้อยละ 20 25 และ 30 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

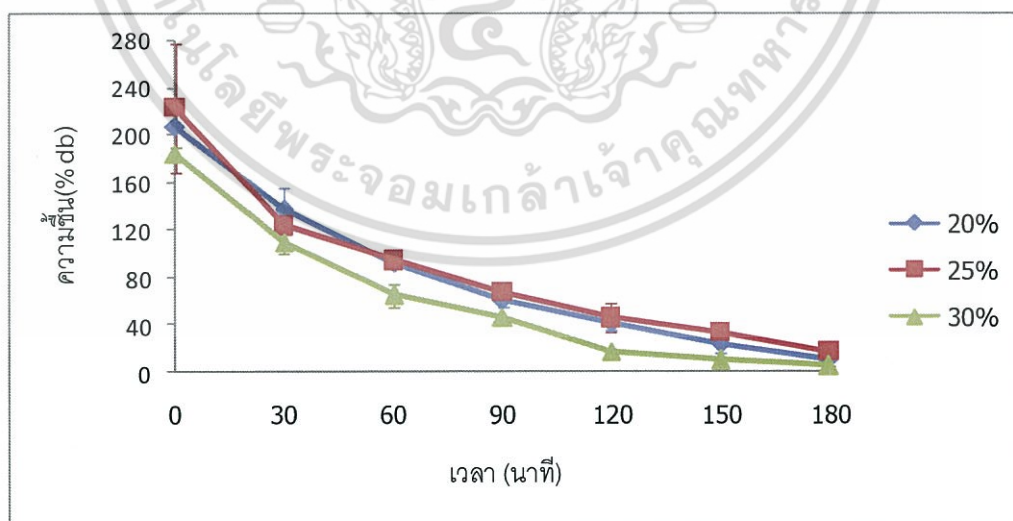
4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อลักษณะการทำแห้งของกุ้งแห้งเทียม

4.2.1 แปะมันสำปะหลัง

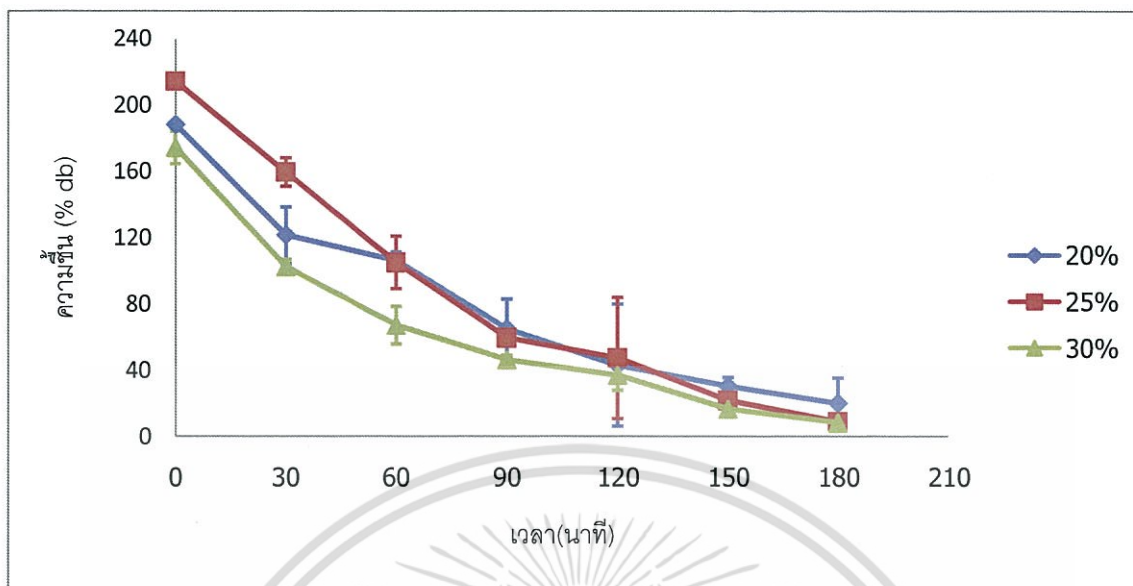
จากการวิเคราะห์ระยะเวลาในการอบแห้งที่มีผลต่อความชื้นของผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งเทียมในรูปแบบของกราฟ Drying curve พบว่า เมื่อระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณร้อยละความชื้นของตัวอย่างกุ้งแห้งเทียมมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงแรกที่เวลา 0-90 นาที ของการอบแห้งค่าความชื้นจะมีอัตราการลดลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง เนื่องจากตัวอย่างยังคงมีความชื้นเริ่มต้นในระดับที่ค่อนข้างสูงซึ่งอยู่ประมาณร้อยละ 141-224 (db) การถ่ายเทความร้อนไปยังผิววัสดุตัวอย่างทำให้ความชื้นที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ระเหยออกมาอยู่ในรูปความดันไอ โดยเมื่อความเข้มข้นของไอน้ำลดลงจะทำให้ให้อัตราการอบแห้งลดลง ดังนั้นทำให้ระยะเวลาการทำแห้งในช่วงหลังที่ระยะเวลา 90 -180 นาที จึงมีอัตราเร็วของการอบแห้งที่ลดลงและคงที่ และมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 4-69 (db)

4.2.1.1 Drying curve ของแปะมันสำปะหลัง

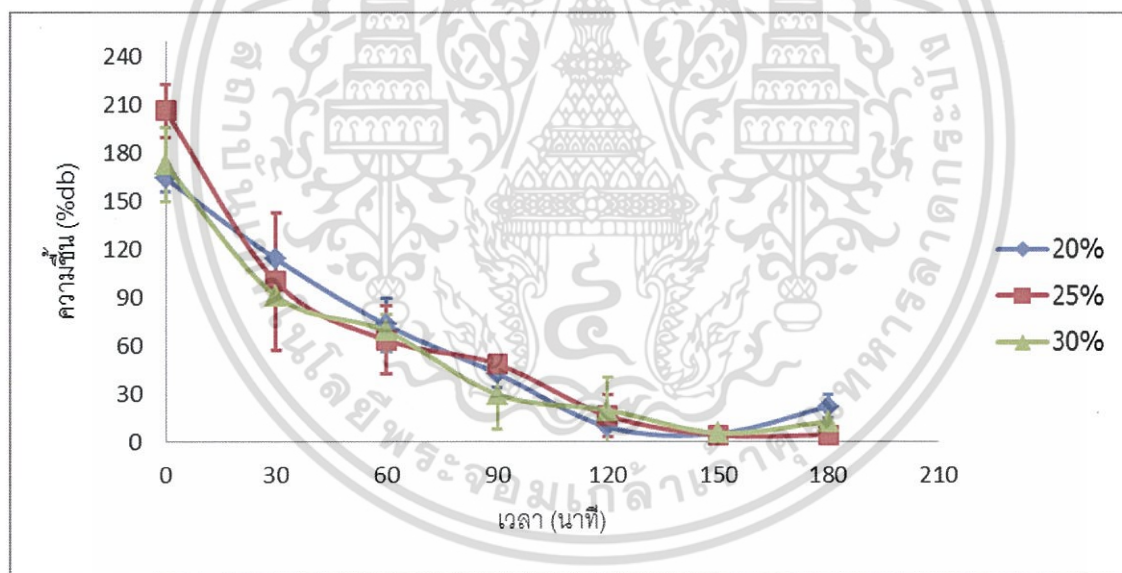
จากกราฟ Drying Curve ของกุ้งแห้งเทียมที่มีแปะมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม(ภาพที่ 4.3-4.5) โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิของการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง พบว่า ร้อยละความชื้นสุดท้ายที่นานที่ 180 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพในตารางที่ 4.4 โดยกุ้งแห้งเทียมที่ผ่านการอบแห้งจะมีลักษณะรูพรุนทำให้สามารถระเหยความชื้นได้ดี เนื่องจากแปะจากรากหรือหัว เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวสูง และเม็ดแปะแตกง่าย (กล้าณรงค์และเกื้อกุล, 2546)



ภาพที่ 4.3 ความชื้นของกุ้งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 60° C(แปะมันสำปะหลัง)



ภาพที่ 4.4 ความชื้นของกุ้งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 70° C(แป้งมันสำปะหลัง)



ภาพที่ 4.5 ความชื้นของกุ้งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 80° C(แป้งมันสำปะหลัง)

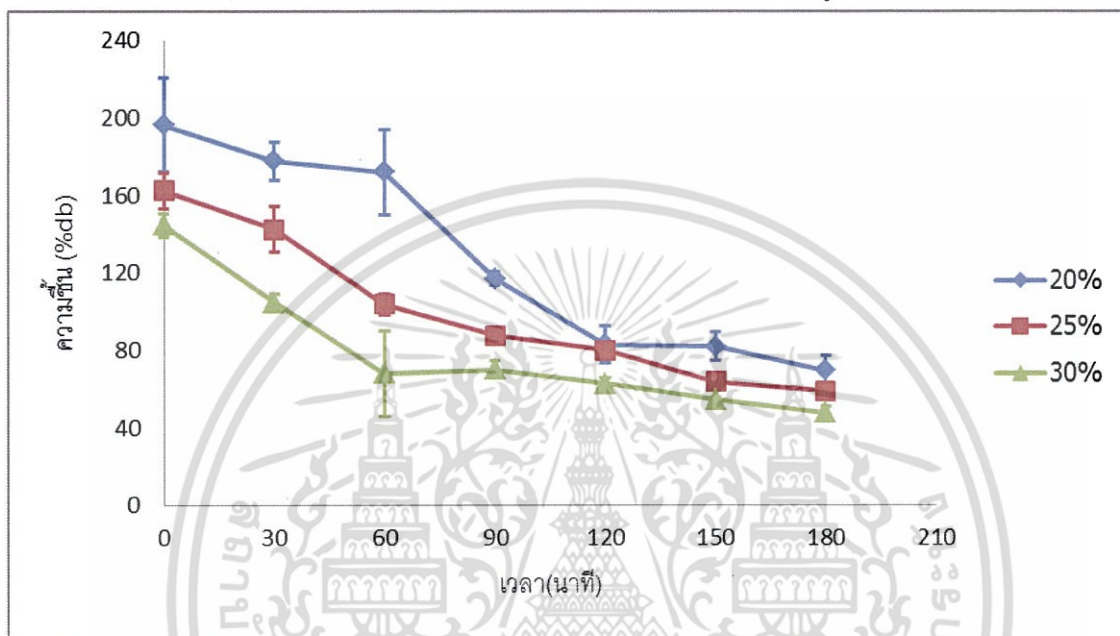
4.2.2 แป้งมันสำปะหลัง

4.2.2.1. Drying curve ของแป้งมันสำปะหลัง

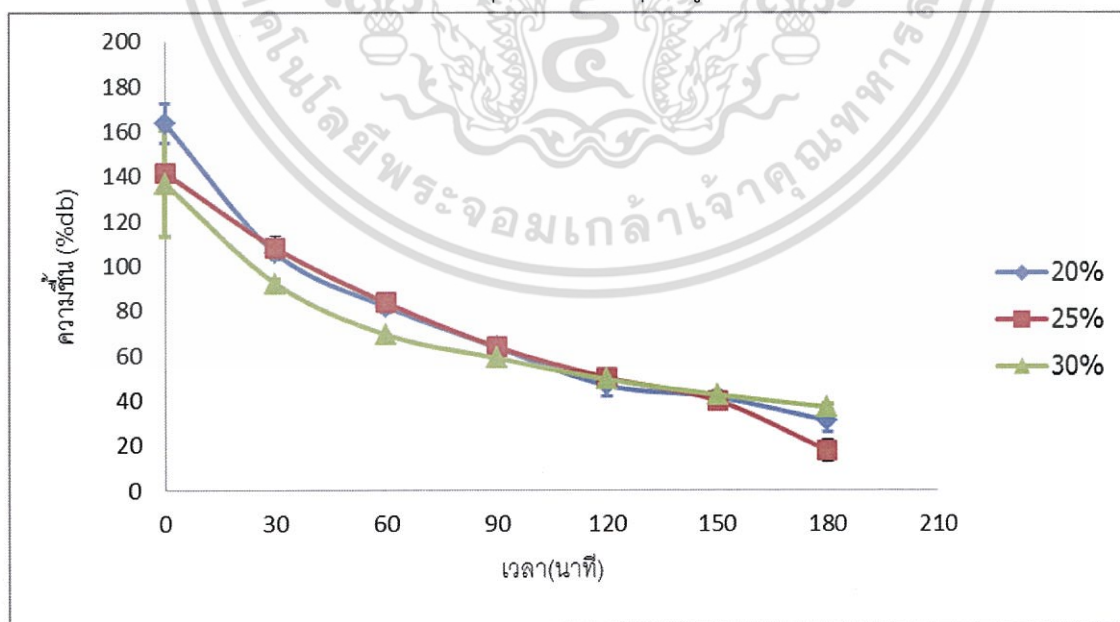
จากกราฟจากกราฟ Drying Curve ของกุ้งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม (ภาพที่ 4.6-4.8) โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิของการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง พบว่า ร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นสุดท้ายที่นาที่ที่ 180 มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.5) โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง จะทำให้ปริมาณร้อยละความชื้นสุดท้ายมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างกึ่งแห้งเทียมที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพในตารางที่ 4.2 โดยกึ่งแห้งเทียมที่ผ่านการอบแห้งจะมีลักษณะเนียน ทำให้สามารถระเหยความชื้นได้ยาก เนื่องจากแป้งสาลีปริมาณอะไมโลสสูง ทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้นเกิดการพองตัวต่ำ (กล้าณรงค์และเกื้อกุล, 2546)

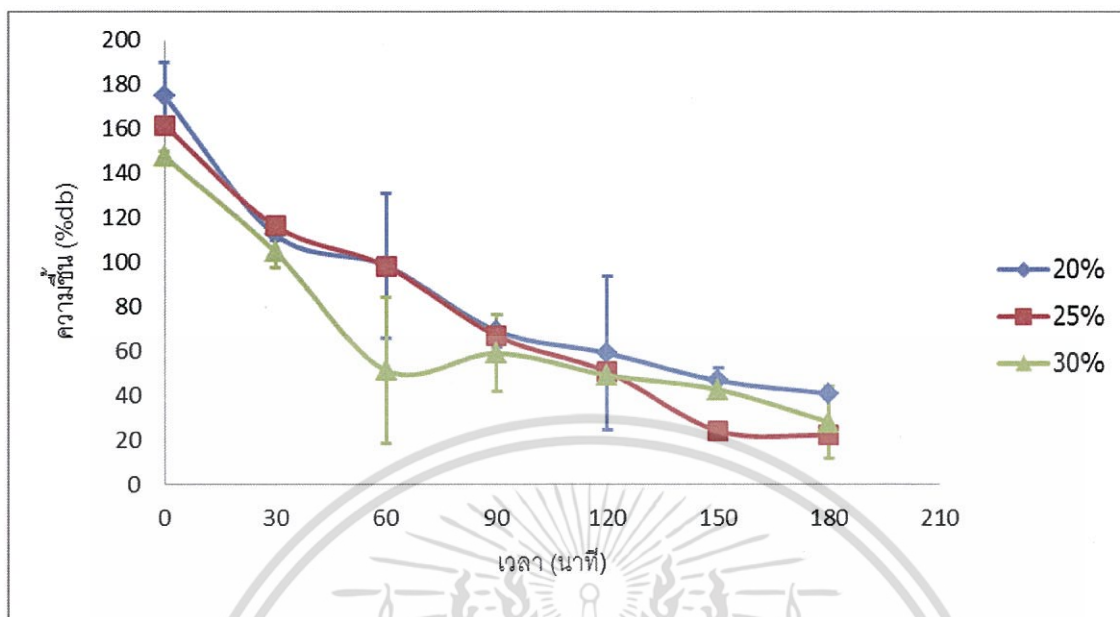


ภาพที่ 4.6 ความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 60° C (แป้งสาลี)



ภาพที่ 4.7 ค่าความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 70° C (แป้งสาลี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่อุณหภูมิ 80° C(แป้งสาลี)

อย่างไรก็ตามจากกราฟ Drying curve ของแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลี (ภาพที่ 4.3-4.8) แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละความชื้นของกึ่งแห้งเทียมในลักษณะเดียวกัน ซึ่งที่อุณหภูมิสูงจะมีผลให้ความชื้นของตัวอย่างน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิจากการอบแห้งที่ต่ำกว่าโดยในช่วงแรกของการอบแห้งอัตราเร็วของการทำแห้งจะสูง เส้นกราฟมีความชันมาก เนื่องจากตัวอย่างยังมีความชื้นที่ค่อนข้างสูง และค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนคงที่ นอกจากนี้การใช้แป้งเป็นการเติมแต่งที่เติมเข้าไปในผลิตภัณฑ์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า มีผลทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ออกมาได้ยาก เนื่องจากการให้ความร้อนในระหว่างขั้นตอนการนึ่งซึ่งเป็นขั้นตอนของการเซ็ทเจลของกึ่งแห้งเทียมจะทำลายพันธะไฮโดรเจนของโมเลกุลของแป้ง ทำให้โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว เกิดการละลายมากขึ้น (กล้าณรงค์และเกื้อกุล, 2546) จึงสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำอิสระได้มากขึ้นและเก็บน้ำเอาไว้ภายในโครงสร้าง

ซึ่งจากการทดลองพบว่าปริมาณร้อยละความชื้นสุดท้ายกึ่งแห้งเทียมที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารเติมแต่งในความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งตรงกันข้ามกับกึ่งแห้งเทียมที่ใช้แป้งสาลีเป็นสารเติมแต่ง เนื่องจากกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมนั้น แป้งมีปริมาณอะไมโลสสูงและด้วยความเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นตรงของโครงสร้างอะไมโลสจะมีผลต่อการเกิดรีโทเกรชันมากกว่าอะไมโลเพคติน ซึ่งโครงสร้างโมเลกุลเป็นกิ่งก้านสาขา จะขัดขวางการเคลื่อนที่

กลับมารวมกันใหม่ของโมเลกุลน้ำตาลกลูโคส อีกทั้งแบ่งจากธัญพืชเมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวน้อย เม็ดแป้งแตกตัวน้อย โมเลกุลที่คลายตัวยังอยู่ใกล้ชิดกันจึงเคลื่อนที่จับกันเองใหม่ได้ง่าย (กล้าณรงค์และ เกื้อกุล, 2546) ทำให้โมเลกุลของน้ำอิสระจึงระเหยออกไปได้ง่ายกว่าแป้งมันสำปะหลัง นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้สารเติมแต่งที่ระดับความเข้มข้นต่ำทำให้ปริมาณร้อยละความชื้นสุดท้ายสูงกว่าตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งเทียมที่ใช้สารเติมแต่งในระดับความเข้มข้นสูง โดยจากภาพที่ 4.1- 4.6 จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างกึ่งแห้งที่มีการเติมแต่งในระดับที่มีความเข้มข้นต่ำจะมีอัตราเร็วในการลดลงของปริมาณร้อยละ ความชื้นที่ช้ากว่าตัวอย่างกึ่งแห้งเทียมที่มีการเติมแต่งในระดับที่มีความเข้มข้นที่สูงกว่า เนื่องมาจาก ปริมาณของแป้งที่สูง อาจทำให้โมเลกุลที่คลายตัวเนื่องจากความร้อนเกิดจับกันเองได้ง่าย ทำให้น้ำ อิสระจึงถูกระเหยออกไปได้เร็ว และการใช้สารเติมแต่งในระดับความเข้มข้นต่ำที่มีอะไมโลสในปริมาณ ที่น้อยจึงสามารถกระจายตัวได้ดีและจะกับน้ำอิสระได้ดีกว่าจึงมีความชื้นสูงกว่า

4.3 ผลของชนิดของสารเติมแต่งที่มีต่อลักษณะทางกายภาพกึ่งแห้งเทียม


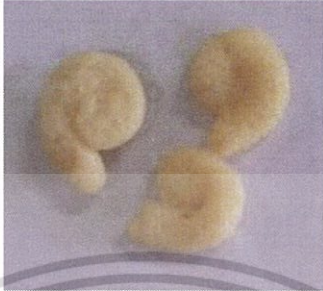


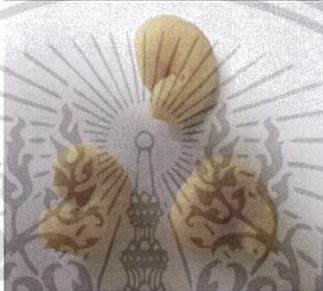
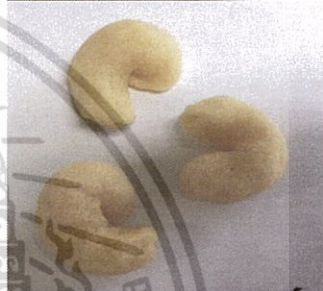
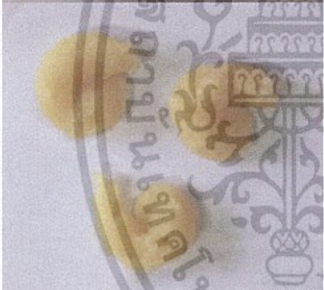

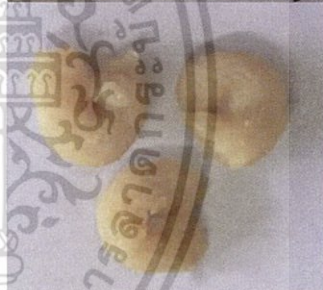
จากการใช้สารเติมแต่ง 2 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลีที่ระดับความเข้มข้น ต่างกัน จะสังเกตเห็นได้ว่าแบทเทอร์ที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมจะมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น จับตัวกัน เป็นโค ซึ่งแตกต่างจากแป้งมันสำปะหลังที่มีลักษณะที่เหนียวน้อยกว่าและไม่เกิดโค ทั้งนี้เนื่องมาจากแป้ง สาลีมีปริมาณอะไมโลสสูงประมาณร้อยละ 23-28 (กล้าณรงค์ และ เกื้อกุล, 2546) ซึ่งสูงกว่าแป้งมัน สำปะหลัง อีกทั้งแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตนินและไกลอะดิน ที่สร้างพันธะไดซัลไฟด์ทำให้เกิดกลูเตน จึงทำ ให้ลักษณะแบทเทอร์ที่ได้เป็นโคที่เหนียวและยืดหยุ่น ดังนั้นแบทเทอร์ที่ได้จากแป้งสาลีจึงมีลักษณะ เหนียว และแข็งแรงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ส่วนแบทเทอร์ที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมจะมี ลักษณะค่อนข้างเหลว เนื่องจากปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำคือร้อยละ 18-23 (Defloor et al., 1998) แต่ปริมาณอะไมโล เพคตินสูง จึงทำให้เกิดการพองตัวได้ง่าย เมื่อมีการกวนเพิ่มมากขึ้นเม็ดแป้งจะ พองตัวและหนืดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ระดับความเข้มข้นของแป้งจะส่งผลต่อความหนืดที่เกิดขึ้น และเมื่อนำกึ่งมา ขึ้นรูปและอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ พบลักษณะที่สังเกตเห็นของกึ่งแห้งเทียมได้ตามตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม

อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะทางกายภาพของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม		
	20%	25%	30%
80			
70			
60			

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่ากึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม เมื่อผ่านการอบแห้งเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ลักษณะกึ่งแห้งเทียมที่มีสีน้ำตาลซีด ที่ผิวกึ่งแห้งเทียมจะเป็นรูพรุนทั่วทั้งชิ้น จึงทำให้น้ำสามารถระเหยออกไปได้มาก ทำให้เนื้อสัมผัสที่เกิดขึ้นแข็ง แข็ง และกรอบ เนื่องจากปริมาณค่าความชื้นที่เหลืออยู่ค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 4.5,4.6)

ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำลีสเป็นส่วนผสม

อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะทางกายภาพของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำลีสเป็นส่วนผสม		
	20%	25%	30%
80			
70			
60			

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่ากึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำลีสเป็นส่วนผสม เมื่อผ่านการอบแห้งเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ลักษณะกึ่งแห้งเทียมที่มีเป็นสีน้ำตาล เนื้อเนียน ไม่เกิดรูพรุน ค่อนข้างเหนียว และแข็งเล็กน้อย เนื่องจากปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ค่อนข้างสูง (ตารางที่ 4.5, 4.7)

4.2.1 F-value ค่าความชื้นของกึ่งแห้งเทียม

วิเคราะห์: อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง คือ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง คือ 0 30 60 90 120 150 และ 180 นาที

ระดับความเข้มข้นของแป้งแต่ละชนิด 20% 25% และ 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 F-value ของค่าความชื้นกึ่งแห้งเทียม

Source	Moisture content	
	Tapioca	Wheat
conc	17.473 ^{**}	60.198 ^{**}
temp	19.636 ^{**}	103.284 ^{**}
time	368.799 ^{**}	310.675 ^{**}
conc*temp	1.933 ^{**}	16.516 ^{**}
conc*time	1.541 ^{ns}	4.864 ^{**}
temp*time	1.078 ^{ns}	1.616 ^{ns}
conc*temp*time	0.788 ^{ns}	1.516 ^{ns}

หมายเหตุ ** : มีความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p<0.05)

ns : ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p>0.05)

จากตารางที่ 4.5 F-value ของค่าความชื้นกึ่งแห้งเทียมที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาทิเป็นสารเติมแต่ง พบว่า ปัจจัยเดี่ยวได้แก่ อุณหภูมิ ระดับความเข้มข้นของสารเติมแต่ง และเวลาในการอบแห้งมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) ของกึ่งแห้งเทียมทั้ง 2 ชนิด นอกจากนี้การใช้ปัจจัยร่วมระหว่างความเข้มข้นของสารเติมแต่งและอุณหภูมิ พบว่า มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) ของกึ่งแห้งเทียมทั้ง 2 ชนิด ซึ่งแตกต่างจากการใช้ปัจจัยร่วมระหว่างความเข้มข้นของสารเติมแต่งและระยะเวลาในการอบแห้งที่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณความชื้นของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งสาทิเป็นส่วนผสมเพียงชนิดเดียว ทั้งนี้เนื่องมาจากระดับความเข้มข้นของสารเติมแต่งมีผลต่อปริมาณความชื้นของแป้งมันสำปะหลังในระดับที่น้อยโดยดูจากค่า F-value กอปรกับคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ จึงทำให้มีการพองตัวสูง (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546) โดยเมื่อได้รับความร้อนสูงและเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้น้ำระเหยออกจากโครงสร้างได้ง่าย ดังนั้นแม้ว่าจะเติมในระดับที่ความเข้มข้นที่สูงขึ้นก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณความชื้นเพียงเล็กน้อย และเมื่อทำการอบแห้งปริมาณความชื้นภายในจึงระเหยออกไปได้อย่างรวดเร็วและเมื่อชั้นของเหลวที่ปกคลุมอยู่ไม่สม่ำเสมอ พอระยะเวลาผ่านไปนานขึ้น ความชื้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงความชื้นสมดุล ซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก (ทงนศักดิ์, 2554) ทำให้ปริมาณร้อยละความชื้นสุดท้ายของกึ่งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมจึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังตารางที่ 4.5 แม้ว่าจะใช้

ระดับความเข้มข้นของแป้งต่างกันและอุณหภูมิของการอบแห้งที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามพบว่า การใช้ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัย ระหว่างอุณหภูมิของการทำแห้งและระยะเวลาการทำแห้ง และการใช้ปัจจัยร่วม 3 ปัจจัยระหว่างระดับความเข้มข้นของสารเติมแต่ง อุณหภูมิการทำแห้ง และระยะเวลาการทำแห้ง นั้น ไม่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) ของกึ่งแห้งเทียมทั้ง 2 ชนิดเหมือนกัน ซึ่งจะเห็นได้จาก กราฟ Drying curve จากภาพที่ 4.3-4.8 ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มการลดลงของความชื้นที่เหมือนกัน คือ เมื่อระยะเวลาอบแห้งนานความชื้นของผลิตภัณฑ์จะลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดสมดุลที่น้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลสภาวะการอบแห้งที่มีต่อร้อยละความชื้นของกุ้งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ

Temp (°C)	Conc (%)	Drying time (min)						
		0	30	60	90	120	150	180
60	20	207.46±1.85 ^{ab}	136.96±18.65 ^{de}	92.03±6.34 ^{ghij}	60.60±5.42 ^{ijklmno}	40.66±4.74 ^{klmnopqrs}	23.89±7.89 ^{pqrst}	10.38±0.81 ^{rst}
	25	223.91±54.91 ^a	123.85±1.85 ^{ef}	94.46±1.14 ^{fghi}	68.28±6.28 ^{hijkl}	45.98±11.87 ^{klmnopq}	33.17±2.34 ^{mnopqrst}	17.27±0.17 ^{pqrst}
	30	184.57±5.60 ^{bc}	110.50±10.10 ^{ef}	65.19±9.99 ^{ijklm}	46.99±0.47 ^{klmnopq}	16.98±1.71 ^{pqrst}	10.01±1.44 ^{rst}	5.23±0.14 st
70	20	188.134±0.30 ^{bc}	121.34±17.09 ^{ef}	105.98±5.05 ^{efg}	64.85±18.12 ^{ijklmn}	42.86±36.86 ^{klmnopqr}	30.03±5.44 ^{nopqrst}	19.68±15.29 ^{pqrst}
	25	214.27±0.38 ^{ab}	159.54±8.51 ^{cd}	104.85±15.86 ^{efg}	59.37±0.56 ^{ijklmno}	47.31±36.66 ^{klmnopq}	21.33±0.97 ^{pqrst}	8.61±2.61 ^{rst}
	30	174.29±9.98 ^c	102.46±4.16 ^{fg}	67.05±11.40 ^{hijklm}	46.22±2.62 ^{klmnopq}	36.79±8.97 ^{lmnopqrst}	16.43±3.66 ^{pqrst}	7.92±1.02 ^{rst}
80	20	164.12±8.71 ^{cd}	113.91±2.23 ^{ef}	72.86±16.50 ^{ghijk}	42.58±8.84 ^{klmnopqr}	9.03±0.42 ^{rst}	4.92±1.37 ^t	21.69±7.30 ^{pqrst}
	25	206.25±16.62 ^{ab}	99.83±42.65 ^{fgh}	63.51±21.31 ^{ijklmno}	48.42±2.18 ^{klmnop}	16.16±13.05 ^{pqrst}	3.92±1.13 ^t	4.04±0.63 ^t
	30	172.54±23.05 ^c	91.12±2.60 ^{fghij}	68.99±10.10 ^{hijkl}	29.54±21.49 ^{opqrst}	19.53±20.90 ^{pqrst}	5.25±1.80 st	12.26±10.90 ^{qrst}

ตารางที่ 4.7 ผลสภาวะการอบแห้งที่มีต่อร้อยละความชื้นของกุ้งแห้งเทียมที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนประกอบ

Temp (°C)	Conc (%)	Drying time (min)						
		0	30	60	90	120	150	180
60	20	196.33±24.03 ^a	177.53±9.67 ^{ab}	171.89±21.87 ^b	116.75±3.33 ^{ef}	82.69±9.81 ^{ijklm}	81.69±7.15 ^{ijklm}	69.04±7.87^{klmn}
	25	162.28±9.44 ^{bc}	142.35±11.91 ^{cd}	103.50±5.57 ^{fghij}	87.44±1.31 ^{hijkl}	79.78±3.14 ^{klm}	63.40±2.05^{lmnop}	58.48±0.20 ^{mnopq}
	30	144.34±5.82 ^{cd}	104.72±3.85 ^{fghi}	67.73±22.05 ^{klmn}	69.74±4.56 ^{klmn}	62.42±3.01^{mnop}	54.28±1.25 ^{nopqr}	47.57±3.46 ^{nopqrst}
70	20	163.57±8.67 ^{bc}	105.79±2.81 ^{fghi}	81.74±2.33 ^{ijklm}	63.64±0.49^{lmnop}	46.57±4.45 ^{nopqrst}	41.23±2.69 ^{pqrstuv}	30.81±4.81 ^{rstuv}
	25	141.62±0.02 ^{cd}	107.96±5.28 ^{fgh}	83.53±2.27 ^{ijklm}	63.86±2.49^{lmnop}	50.04±3.82 ^{nopqrs}	39.73±3.70 ^{pqrstuv}	17.52±5.00 ^v
	30	136.70±23.8 ^{de}	92.20±1.56 ^{ghijk}	69.28±0.06 ^{klmn}	58.79±0.58^{mnopq}	49.29±2.25 ^{nopqrs}	42.41±0.52 ^{opqrst}	36.88±1.15 ^{qrstuv}
80	20	174.70±15.04 ^b	112.23±2.57 ^{fg}	98.27±32.53 ^{fghij}	68.87±7.18^{klmn}	58.89±34.32 ^{mnopq}	46.47±5.52 ^{nopqrst}	40.68±1.13 ^{pqrstuv}
	25	161.58±2.95 ^{bc}	116.16±3.87 ^{ef}	98.03±0.83 ^{ijklm}	66.68±2.21^{lmno}	50.45±0.74 ^{nopqrs}	23.96±0.13 ^{tuv}	21.93±1.90 ^{uv}
	30	147.38±2.04 ^{cd}	104.40±7.24 ^{fghi}	51.56±32.90 ^{nopqrs}	58.81±17.28^{mnopq}	48.96±0.07 ^{nopqrs}	42.46±4.01 ^{opqrst}	27.84±16.01 ^{stuv}

หมายเหตุ : ข้อความที่มีการขีดเส้นใต้และเน้นตัวหนังสือหนา แสดงถึงระยะเวลามีร้อยละความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติและถูกเลือกนำไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพต่อไป

ตารางที่ 4.8 F-value ของคุณสมบัติของกึ่งแข็งที่ยืดที่มีการเติมแป้งสาลี

Source	Rehydration		Firmness	Cohesiveness	Springiness	chewiness	L*	a*	b*	Whiteness
	ratio	Shrinkage ratio								
temp	0.201 ^{ns}	3.233 ^{ns}	58.108 ^{**}	13.585 ^{**}	9.21 ^{**}	57.802 ^{**}	11.49 ^{**}	16.86 ^{**}	3.482 ^{**}	17.331 ^{**}
conc	9.154 ^{**}	3.205 ^{ns}	1.738 ^{ns}	12.62 ^{**}	5.859 ^{**}	4.59 ^{**}	11.949 ^{**}	46 ^{**}	3.254 ^{**}	16.627 ^{**}
temp*conc	1.212 ^{ns}	0.667 ^{ns}	7.032 ^{**}	2.285 ^{ns}	1.148 ^{ns}	7.534 ^{**}	9.262 ^{**}	16.02 ^{**}	2.084 ^{ns}	9.704 ^{**}

หมายเหตุ **: มีความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ns : ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p > 0.05$)



จากตารางที่ 4.8 แสดง F-value ของคุณสมบัติกึ่งแข็งเทียมที่มีการเติมแป้งสาลีเป็นส่วนผสม แสดงให้เห็นว่าปัจจัยเดียวทั้งสองปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิและความเข้มข้นของสารเติมแต่ง โดยอุณหภูมิไม่มีผลต่ออัตราค่าความสามารถในการคินตัวและค่าความสามารถในการหดตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) โดยปัจจัยในด้านความเข้มข้นของสารเติมแต่ง ส่งผลต่ออัตราค่าความสามารถในการคินตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P\leq 0.05$) เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารเติมแต่ง ไม่มีผลต่ออัตราค่าความสามารถในการคินตัว และค่าความสามารถในการหดตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) เนื่องมาจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของแป้งมันสาลีซึ่งมีปริมาณโมลอสสูง ทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้นเกิดการพองตัวต่ำ (กลั่นรงค์และเกื้อกุล, 2546) และเกิดกลูเตนที่ ให้ลักษณะเป็นโดเมื่อทำการสับผสม ทำให้จากลักษณะดังกล่าวจึงทำให้ปริมาณน้ำในตัวอย่างจึงระเหยออกไปได้ยาก ดังนั้นแม้ว่าจะใช้อุณหภูมิในการอบแห้งและระดับความเข้มข้นของสารเติมแต่งที่แตกต่างกัน จึงไม่ส่งผลต่อความสามารถในการหดตัวของตัวอย่างกึ่งแข็งเทียมซึ่งจากผลการทดลองตารางที่ 4.9 จึงเห็นได้ว่าค่าความสามารถในการหดตัวของตัวอย่างกึ่งแข็งเทียมซึ่งจากผลการทดลองตารางที่ 4.9 จึงเห็นได้ว่าค่าความสามารถในการหดตัวจึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\leq 0.05$) นอกจากนี้ที่ระดับความเข้มข้นของสารเติมแต่งที่ต่างกันมีความสัมพันธ์ต่อการคินตัวนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐธัญญาและพรพรรณ (2558) ที่ทำการศึกษารื่องผลของสารเติมแต่งที่มีต่อ ลักษณะทางกายภาพของกึ่งแข็งเทียม พบว่า ความเข้มข้นของสารเติมแต่งมีปฏิสัมพันธ์ต่ออัตราการคินตัว ในน้ำของกึ่งแข็งเทียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ซึ่งเมื่อความเข้มข้นของแป้งสูงขึ้น จะทำให้ โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ค่อนข้างแน่นขึ้น ทำให้มีความสามารถในการดูดกลับของน้ำได้น้อย

จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยวิธี texture profile analysis ของกึ่งแข็งเทียมที่เตรียมจากเนื้อ ปลาบดสับผสมรวมกับแป้งสาลี ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่า ปัจจัยเดียวทั้งสองปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ และความเข้มข้นของสารเติมแต่ง พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสทั้งสี่ค่า คือ Firmness Cohesiveness Springiness และ Chewiness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p\leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อทำการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะน้ำในให้ผลิตภัณฑ์ระเหยออกจนได้ ลักษณะที่มีความแน่นลดลง แข็งเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลโดยตรงต่อค่า Firmness และทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า Springiness ลดลงและทำให้ยากต่อการเคี้ยวค่า Chewiness จึงสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้น สำหรับค่า Cohesiveness เป็นผลมาจากการดูดน้ำและขยายตัวของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อนซึ่งมีผลต่อการยึดเกาะกันภายในโครงสร้าง นอกจากนี้สำหรับปัจจัยเดียวด้านความเข้มข้นของสารเติมแต่งจะส่งผลต่อ ค่า Cohesiveness Springiness และ Chewiness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p\leq 0.05$) เพียงเท่านั้น เนื่องจากปริมาณแป้งที่สูงทำให้ความหนืดสูงขึ้นและพองตัวมากขึ้นเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อความแข็งแรงของโครงสร้าง ดังนั้นจึงทำให้ค่า Springiness มีค่าลดลง และมีผลทำให้ ค่า Chewiness ลดลง นอกจากนี้ที่ระดับความเข้มข้นที่สูงมีแนวโน้มการเกิดริ้วรอยแตกง่ายขึ้นได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงมีผลต่อค่า Cohesiveness แต่หากใช้ปัจจัยร่วมกันระหว่างอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารเติมแต่ง จะไม่มีผลต่อค่า Cohesiveness และ Springiness แต่มีผลต่อค่า Firmness และ chewiness อย่างชัดเจน จากผลการศึกษาที่รับยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kong และคณะ (2016) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการเติมสตาร์ชต่อคุณสมบัติเจลของซูริมิปลา Alaska Pollock ภายใต้การทดลองที่อุณหภูมิ 90 และ 120 องศาเซลเซียส โดยใช้ความแตกต่างของแป้ง 5 ชนิด ได้แก่ native cassava starch (NCS), hydroxypropylated cassava starch (HCS), cross-linked cassava starch (CCS), cross-linked hydroxypropylated cassava starch (CHCS), and cross-linked acetylated cassava starch (CACS) พบว่า คุณสมบัติเจลซูริมิของ starch containing หลังจากให้ความร้อน 90 และ 120°C รูปแบบโครงสร้างสามมิติของโปรตีนจะถูกนำมาเปรียบเทียบกัน พบว่า คุณสมบัติเจลซูริมิของ starch containing มีความสัมพันธ์กับความหนืดแป้ง และการบวมของแป้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น โดยการเติมสตาร์ชด้วยความหนืดสูงที่อุณหภูมิต่ำจะปลดความแข็งแรงของเจลลง (HCS) ($P < 0.05$)

จากการวิเคราะห์หาค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียว (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่า ปัจจัยเดี่ยวทั้งอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารเติมแต่งมีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียว (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ซึ่งรวมถึงค่าความขาว (Whiteness) ของผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งเทียมที่ยังไม่มีการเติมสี อย่างไรก็ตามการใช้ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารเติมแต่งไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) ซึ่งเมื่อแป้งได้รับความร้อนจะเกิดการเจลาไทไนเซชัน เม็ดแป้งจะดูดน้ำ เกิดการพองตัว ได้ลักษณะหนืดและใส ทำให้เกิดสภาพเป็น matrix (กล้าณรงค์และเกื้อกุล, 2546) น้ำที่อยู่ในโครงสร้างของเม็ดแป้งจะทำให้เกิดการสะท้อนภายในพื้นที่ระหว่าง Matrix ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความสว่าง ซึ่งในการทดลองแม้ว่าจะทำการอบแห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในเรื่องของปริมาณความชื้น (ปริมาณน้ำ) ดังนั้นค่าความสว่าง (L^*) ที่วัดได้ของตัวอย่างจึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วย โดยค่าความสว่าง (L^*) ที่วัดได้นั้นมีค่าประมาณ 57-64 ซึ่งถือว่าค่อนข้างสว่างสูง เนื่องจากแป้งสาสิมีอะไมโลสสูงจึงพองตัวได้ดี จึงมีลักษณะขาวขุ่นมากขึ้น นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Yang และคณะ (1998) ที่ทำการศึกษาเรื่อง ผลกระทบของคุณสมบัติและสภาวะของการให้ความร้อนในเจลซูริมิจากแป้ง พบว่าผลกระทบของแป้งและสภาวะของการให้ความร้อนต่อเนื้อสัมผัส โครงสร้างจุลภาค และสีของเจลซูริมิจากแป้ง โดยอิทธิพลของแป้งที่มีต่อเนื้อสัมผัสของเจลซูริมิจากแป้งจะขึ้นอยู่กับระดับของความเข้มข้นและการดัดแปรของแป้ง เช่นเดียวกับค่าอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน สำหรับค่าสี (L^* และ b^*) จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและคุณสมบัติของแป้งยิ่งเม็ดแป้งมีการพองตัวต่ำ ค่า L^* และ b^* ของเจลจะมีค่าต่ำ ดังนั้นจากปัจจัยในเรื่องของอุณหภูมิ ความเข้มข้นของระดับสารเติมแต่งที่ใช้จึงมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งเทียม

ตารางที่ 4.9 ลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของกึ่งแข็งเทียมที่มีแป้งมันสำลีเป็นส่วนผสม

Temp (°C)	Conc (%)	Drying time (Min)	Firmness(g)	Cohesiveness	Springiness	chewiness(g)
60	20	180	9471.46±1236.57 ^c	0.69±0.02 ^{ab}	0.86±0.04 ^a	5682.70±852.76 ^c
	25	150	9584.70±616.69 ^c	0.66±0.01 ^{bcd}	0.78±0.03 ^{cd}	4963.63±300.65 ^{cd}
	30	120	9951.03±1039.90 ^{bc}	0.65±0.03 ^{cd}	0.80±0.02 ^{bcd}	5181.15±569.58 ^c
70	20	90	7604.4±797.75 ^d	0.68±0.04 ^{abc}	0.78±0.06 ^{cd}	4082.64±637.67 ^{de}
	25	90	7175.23±1118.65 ^d	0.62±0.02 ^{de}	0.75±0.05 ^d	3366.83±688.67 ^e
	30	90	8286.34±886.72 ^d	0.60±0.05 ^e	0.76±0.00 ^d	3845.77±381.15 ^e
80	20	90	10857.99±1681.11 ^b	0.70±0.02 ^a	0.85±0.04 ^{ab}	6611.43±1070.92 ^b
	25	90	12933.15±621.49 ^a	0.72±0.04 ^a	0.83±0.03 ^{abc}	7818.92±1044.31 ^a
	30	90	10010.60±1074.39 ^{bc}	0.65±0.03 ^{bcd}	0.79±0.03 ^{cd}	5207.33±342.01 ^c

* หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงค่าตัวเลขที่ต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ลักษณะทางกายภาพด้านสีของกุ้งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำลีเป็นส่วนผสม

Temp (°C)	Conc (%)	Drying time (Min)	Color			
			L*	a*	b*	Whiteness
60	20	180	57.00±1.94 ^d	-3.41±0.19 ^a	19.51±0.73 ^a	52.63±1.55 ^e
	25	150	59.64±2.51 ^c	-4.56±0.28 ^{bc}	18.77±1.11 ^{abc}	55.22±2.11 ^d
	30	120	63.32±1.59 ^a	-4.97±0.30 ^e	19.15±0.64 ^{ab}	58.32±1.34 ^{ab}
70	20	90	60.59±0.60 ^{bc}	-4.42±0.20 ^b	18.40±0.16 ^{bc}	56.27±0.54 ^{cd}
	25	90	64.66±0.54 ^a	-4.92±0.28 ^{de}	18.69±0.38 ^{abc}	59.71±0.34 ^a
	30	90	62.68±0.60 ^{ab}	-4.91±0.14 ^{de}	18.49±0.10 ^{bc}	58.06±0.54 ^{abc}
80	20	90	60.17±3.08 ^a	-4.63±0.05 ^{bcd}	19.49±0.99 ^a	57.85±1.86 ^{bc}
	25	90	61.62±2.74 ^{bc}	-4.56±0.16 ^{bc}	18.17±0.46 ^c	56.34±1.23 ^{cd}
	30	90	63.10±1.20 ^a	-4.82±0.20 ^{cde}	18.71±0.87 ^{bc}	58.63±1.05 ^{ab}

* หมายถึง อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงค่าตัวเลขที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.11 ลักษณะทางกายภาพด้านการคืนตัว – หดตัวของกุ้งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำลีเป็นส่วนผสม

Temp (°C)	Conc. (%)	Drying time (Min)	Rehydration ratio	% Shrinkage ^a
60	20	180	1.49±0.41 ^a	22.22±19.24
	25	150	1.20±0.45 ^b	44.44±19.24
	30	120	1.17±0.02 ^b	19.44±17.35
70	20	90	1.52±0.19 ^a	22.22±19.24
	25	90	1.09±0.03 ^b	22.22±19.24
	30	90	1.12±0.02 ^b	25.00±25.00
80	20	90	1.32±0.04 ^{ab}	22.22±19.24
	25	90	1.26±0.02 ^{ab}	38.89±9.62
	30	90	1.19±0.04 ^b	30.00±26.46

* หมายถึง อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงค่าตัวเลขที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาผลของสารเติมแต่งและอุณหภูมิต่อลักษณะทางกายภาพ ปริมาณความชื้น และนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ เนื้อสัมผัส สี อัตราการหดตัวและการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ เพื่อคัดเลือกสภาวะในการผลิตกึ่งแห้งเทียมที่เหมาะสม พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งและความเข้มข้นของสารเติมแต่งนั้นส่งผลต่อคุณสมบัติด้านสี เนื้อสัมผัส (TPA) อัตราการหดตัวและอัตราการคืนตัวของผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งเทียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงใช้คุณสมบัติด้านอัตราการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ในการคัดเลือกกระบวนการผลิตกึ่งแห้งเทียมที่เหมาะสม โดยสำหรับกระบวนการผลิตกึ่งแห้งเทียมที่เหมาะสม คือ กึ่งแห้งเทียมที่แบ่งสาลีเป็นส่วนผสมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 ระยะเวลาในการอบแห้ง 90 นาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Hedonic scale – 9 points) โดยใช้ผู้ทดสอบทั้ง 30 คน ซึ่งในการทดสอบชิมนั้นได้มีการใช้ระหมี่กิ่งสำเร็จรูป รส ต้มยำกุ้ง ในพาหะในการทดสอบ และมีการแสดงลักษณะกึ่งแห้งเทียมให้ดูประกอบขณะทดสอบชิม ซึ่งได้ทำการทดสอบปัจจัยคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม ความแข็ง และรสชาติ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านปัจจัยคุณภาพต่างๆตามลำดับดังนี้ 6.33 6.10 5.27 3.37 3.63 4.13 และ 4.13 นอกจากนี้ผู้ทดสอบทั้ง 30 คน ยังคงไม่ยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ โดยมีข้อเสนอแนะส่วนใหญ่ว่าควรปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสที่เกิดขึ้น โดยเนื้อสัมผัสควรมีความยืดหยุ่น เคี้ยวมากขึ้น และเนื้อสัมผัสบริเวณรอบนอกควรเนียนและไม่ยุ่ย รวมไปถึงข้อเสนอแนะด้านอื่นๆ ได้แก่

- ด้านลักษณะปรากฏ ควรมีขนาดที่สม่ำเสมอและขนาดเล็กกว่านี้ ซึ่งจะทำให้มีลักษณะใกล้เคียงกับกึ่งแห้งมากขึ้น
- ด้านสี มีคำแนะนำว่า ขณะเป็นกึ่งแห้งเทียมมีสีเข้มในระดับพอดี แต่เมื่อนำมาคืนตัวกลับมีสีซีดลง ดังนั้นจึง ควรมีความเข้มมากกว่านี้
- ด้านกลิ่น จากกลิ่นกึ่งที่เติมเข้าไป ในขณะที่ยังไม่ได้คืนรูปมีกลิ่นในระดับที่พอดี แต่เมื่อนำมาทดสอบชิม พบว่ากลิ่นยังค่อนข้างอ่อน ซึ่งอาจเกิดจากกลิ่นเครื่องปรุงรสของบะหมี่กิ่งสำเร็จรูปที่เข้มเกินไป จึงควรเติมกลิ่นเพิ่มเข้าไปให้มากขึ้น
- ลักษณะเนื้อสัมผัส ควรเหนียว เคี้ยวมากกว่านี้ อาจเติมสารประกอบฟอสเฟตเข้าช่วยในเรื่องเสริมในเรื่องเนื้อสัมผัส
- ด้านรสชาติ มีคำแนะนำว่าควรปรุงรสให้เข้มข้นกว่าเดิมเนื่องจากลักษณะเดิมยังค่อนข้างอ่อน และจืด

โดยจากข้อเสนอแนะทั้งหมดที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากปริมาณแป้งที่มากเกินไปจนไปกบฏกับข้อจำกัดในการขึ้นรูป เนื่องจากลักษณะแบทเทอร์ที่ได้จากการสับผสมเกิดโดซึ่งมีความเหนียวสูงทำให้เมื่อทำการขึ้นรูปโดยใช้ชุดหัวบีบผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีลักษณะวงกลมที่มีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถใช้แรงมือคนบีบได้ ได้คือ เบอร์ 8 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8 ซม. ซึ่งยังมีขนาดค่อนข้างหนาและจะหนาขึ้นจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดิมเมื่อทำการเซ็ทเจลโดยการนี้ ทำให้ในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์จึงยังไม่ค่อยสมบูรณ์ เนื่องจากเมื่อได้รับความร้อนสูง แ่งที่เป็นส่วนผสมในปริมาณที่สูงจะเกิดการเจลาไทไนซ์และจะขัดขวางการดูดน้ำกลับเข้าไปในผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้ใช้เวลานานในการคืนตัวหรือว่าใจกลางตัวกึ่งแข็งเทียมจะสุกก็ทำให้เนื้อสัมผัสด้านนอกยุ่ย และเมื่อแ่งสุกจะทำให้สีที่เติมเข้าไปอ่อนลงจากเดิม ดังนั้น ถ้าสามารถทำให้กึ่งแข็งเทียมมีขนาดเล็กลง หรืออาจมีการใส่สารช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสเสริมเพิ่มเติมจากเดิมเพื่อทำให้เนื้อสัมผัสมีลักษณะแข็ง หรือใส่สารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติในการดูดน้ำอาจช่วยลดระยะเวลาในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ให้สั้นลงจากเดิม(ของเดิม ~10 นาที) ซึ่งอาจทำให้เนื้อสัมผัสบริเวณรอบนอกไม่ยุ่ย นอกจากนี้ควรมีการปรุงรสชาติกึ่งลงไปผลิตภัณฑ์เลยเพื่อทำให้กึ่งแข็งเทียมที่ใดใกล้เคียงของจริงมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 จากการทดลองใช้สารเติมแต่ง 2 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลี เป็นส่วนผสมในการผลิต กุ้งแห้งเทียมในสภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน พบว่า แบบเทอร์ที่มีแป้งมันสำปะหลัง เป็นส่วนผสมจะให้ลักษณะที่ค่อนข้างเหลว ทำให้กุ้งแห้งเทียมภายหลังการอบแห้งจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ แข็ง แห้ง เปราะ และมีรูพรุน ซึ่งตรงกันข้ามกับแบบเทอร์ที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมจะให้ลักษณะเป็นโดที่มีความเหนียวละเอียดหยุ่นสูง ทำให้ภายหลังการอบแห้งจึงได้กุ้งแห้งเทียมที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เนียน แน่น เหนียว และมีความยืดหยุ่นสูงกว่า

5.1.2 จากการทดลองหาปริมาณร้อยละความชื้น พบว่า ปัจจัยเดียวได้แก่ อุณหภูมิ ระดับความเข้มข้น ของสารเติมแต่ง และเวลาในการอบแห้งมีความสัมพันธ์ต่อค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งเทียมทั้ง 2 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) สำหรับผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งเทียมที่มี แป้งสาลีเป็นส่วนผสมในอุณหภูมิที่เท่ากันและระยะเวลาสุดท้ายในการอบแห้งจะพบว่าปริมาณร้อยละ ความชื้นจะมีค่าสูงกว่า ผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งเทียมที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม

5.1.3 จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งเทียมที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนผสม ด้วยวิธี texture profile analysis ซึ่งมีปัจจัยเดียวทั้ง 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิและระดับความเข้มข้นของสารเติมแต่ง พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสทั้ง 4 ค่า คือ Firmness Cohesiveness Springiness และ Chewiness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ซึ่งต่างกับระดับความเข้มข้นของสารเติมแต่งที่ไม่มีผลต่อค่า Firmness โดยอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ ระเหยออกมามากจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะแข็ง แห้ง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อค่า Firmness สูงขึ้น สำหรับค่าความสามารถยึดเกาะกัน (cohesiveness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ที่เกิดขึ้นได้รับ อิทธิพลจากอุณหภูมิและระดับความเข้มข้นของสารเติมแต่ง ซึ่งโดยองค์ประกอบของแป้งที่มีอะไมโลสสูงซึ่ง มีโอกาสเกิดรีโทรเกรเดชันสูงและการจับกับน้ำของอะไมโลสอิสระได้มากกว่า ทำให้ความชื้นภายในของ ผลิตภัณฑ์จึงสูงซึ่งส่งผลต่อค่า Springiness ของผลิตภัณฑ์

5.1.4 จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งเทียมที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมโดยที่ยังไม่การเติมสี พบว่า ปัจจัยเดียวทั้งอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารเติมแต่งมีผลต่อค่า L^* a^* b^* และรวมถึงค่า Whiteness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 จากการทดลองวิเคราะห์ค่าอัตราการคืนตัวและหดตัวของผลิตภัณฑ์กึ่งแข็งเทียม พบว่า ปัจจัยเดียวในด้านอุณหภูมิในการอบแห้งไม่มีผลต่ออัตราค่าความสามารถในการคืนตัวและค่าความสามารถในการหดตัว แต่ปัจจัยเดียวในด้านความเข้มข้นของระดับสารเติมแต่งนั้นส่งผลต่ออัตราค่าความสามารถในการคืนตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์กึ่งแข็งเทียมที่มีแป้งสาาลีเป็นส่วนผสมจะมีลักษณะที่แข็งแรงและแน่นหนา

5.1.6 จากทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยคัดเลือกระดับของอุณหภูมิและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมจากอัตราการคืนตัวที่ดีที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติในด้านอื่นๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงได้ระดับอุณหภูมิ 70°C นาน 90 นาที และระดับความเข้มข้น 20% พบว่า ผู้บริโภคยังไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้านเนื้อสัมผัสเนื่องจากการเกิดเจลาตินในเซชันทำให้เกิดเจลที่ภายนอกของผลิตภัณฑ์ทำให้ในการคืนตัวน้ำจึงซึมผ่านเข้าไปในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ได้ยาก

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื้อปลามีปริมาณความชื้นที่ค่อนข้างสูง ในการทดลองนั้นใช้วิธีบีบเอาน้ำออกจากเนื้อปลาโดยการใช่มือ ทำให้ปริมาณความชื้นเริ่มต้นในแต่ละครั้งที่ทำการทดลองไม่เท่ากัน ดังนั้น จึงควรมีกระบวนการนำน้ำออกจากเนื้อปลาที่สามารถทำให้ปริมาณความชื้นเริ่มต้นใกล้เคียงกัน

5.2.2 แบทเทอร์ที่มีแป้งสาาลีเป็นส่วนผสมให้ลักษณะเหนียว มีความยืดหยุ่น และจับตัวกันเป็นโด้ เนื่องจากแป้งสาาลีมีโปรตีน กลูเตนิน และไกลอะดิน ที่ทำให้เกิดกลูเตนจึงทำให้ในการขึ้นรูปโดยใช้หัวบีบผลิตภัณฑ์เบเกอร์รูปร่างกลมได้ยาก และไม่สามารถใช้หัวบีบที่มีขนาดเล็กได้ (ต่ำกว่าเบอร์ 8) ส่งผลให้ขนาดของกึ่งแข็งเทียมที่ได้จึงมีขนาดใหญ่ ดังนั้น ควรวิธีขึ้นรูปกึ่งแข็งเทียมที่ทำไว้ขนาดตัวกึ่งเล็กกว่านี้ได้

5.2.3 เนื่องจากขนาดของตัวกึ่งแข็งเทียมที่ได้จึงมีลักษณะที่ค่อนข้างใหญ่ ทำให้ในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์จึงต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน (มากกว่า 10 นาที) ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านนอกค่อนข้างยุ่ย ไม่เนียน จึงควรทำการศึกษาระยะเวลาที่แน่นอนที่ใช้ในการคืนตัวต่อไปเพื่อให้สะดวกต่อการบริโภค

5.2.4 จากกระบวนการผลิตทั้งหมดเมื่อผลิตออกมาเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว ควรนำมาตรวจวัดทางจุลินทรีย์ เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาที่แน่นอน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบแห้งยังคงมีความชื้นที่ค่อนข้างสูง และเพื่อสร้างความมั่นใจต่อการบริโภคว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีความปลอดภัย

บรรณานุกรม

- กระทรวงพาณิชย์. 2549. กำหนดให้แป้งมันสำปะหลังเป็นสินค้ามาตรฐานและมาตรฐานสินค้าแป้งมัน
สำปะหลัง. ประกาศกระทรวงพาณิชย์ . 29 กันยายน 2549
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด, เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จักรี ทองเรือง. 2544. ซูริมิ (SURIMI). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญทิวา นิลจันทร์. 2548. การศึกษาเคมีฟิสิกส์ของฟลาวและสตาร์ชจากข้าวพันธุ์ต่างๆในประเทศ
มอก. 274-2521. เทคโนโลยีอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.
- มาลินี อัครดิษฐเลิศ และ นิธิกานต์ อินทร. (4 เมษายน 2551). ซูริมิและผลิตภัณฑ์. (ออนไลน์). เข้าถึงได้
จาก : <http://www.vcharkarn.com/varticle/36111> . สืบค้นวันที่ 8 พฤศจิกายน 2558
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ระบบแสดงข้อมูลด้านสถิติ. 2556. อ้างอิงได้จาก:
http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php: วันที่อ้างอิง 29 กรกฎาคม
2556.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2549. ซูริมิ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อปลาบด. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรีนติ้ง
เฮ้าส์.
- สุนทรขึ้น ศรีงาม. 2546. กระบวนการทำแห้งอาหาร. น. 157-195. ในคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีการอาหาร, บรรณาธิการ. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- วารจนา สมพงษ์. 2547. การศึกษาชนิดของปริมาณแป้งที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้ซูริมิ. วารสาร
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 12, 2 (พ.ค.-ส.ค. 47), 24-33.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: กราฟฟิคแอนด์ปริ้นติงเซ็นเตอร์.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อำไพศักดิ์ ทีบุญมา และ ศักชัย จงจำ. 2553. การอบแห้งซิงด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกันอินฟราเรด.
วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 15 (2): 76-86.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed., Maryland, USA.
- Beynum, G.M.A., Van and Roels, J.A. 1985. Starch conversion technology. New York: Marcel
Dekker, Inc. Brown, I.L., K.J. McNaught and E. Moloney. 1995. Hi-maize™: new
directions in starch technology and nutrition. Food Australia. 47: 272-5.
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Breines, Ragna; Christiansen, Jorgen S.; Fevolden, Svein-Erik; Coucheron, Dag H.; Johansen, Steinar D. 2014. "A mitogenomic approach to the taxonomy of pollocks: *Theragra chalcogramma* and *T. finnmarkica* represent one single species". *BMC Evolutionary Biology* 7 (1): 86.
- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P. and Nunes, M.L. 2010. Effect of salt and MTGase on the production of high quality gels from farmed sea bass. *Journal of Food Engineering*, 101: 98-105.
- Connell, J.J. 1960. Studies on the proteins of fish skeletal muscle. *Biochem.* 75 : 530.
- Defloor, I.R., Swennen, M., Bokanga, J.A. 1998. Moisture stress during growth affects the bread making and gelatinization properties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour. *Journal of food science Sgric.* 76: 233-238.
- Granata, L.A., Flick, G.J., and Martin, R.E. 2012. *The seafood industry: species, products, processing, and safety.* Willey-Blackwell. USA.
- Hunt, A., Park, J.W. and Handa, A. 2009. Effect of various types of egg white on characteristics and gelation of fish myofibrillar protein. *Journal of Food Science*, 74: N16-N22.
- Jane, J.L. 2004. Starch: Structure and Properties. In *Chemical and Functional Properties of Food Saccharides.* edited by P.Tomasik, CRC Press, Boca Raton, London: pp.81-101.
- Kent, N. L. 1975. *Technology of Cereals.* 2nd ed. Press, Ltd., New York.
- Kerdpi boon, S., Devahastin, S., Kerr, W.L. 2007. Comparative fractal characterization of physical changes of different food products during drying. *Journal of Food Engineering.* 83: 570-580.
- Lee, C.M., Wu, M.C., and Okada, M. 1992. Ingredient and formulation technology for surimi-based products. In : *Surimi Technology.* T.C. Lanier and C.M. Lee. (eds). Marcel Dekker, Inc. New York. p. 273.
- Luo, Y.K., Shen, H.X., Pan, D.D. and Bu, G.H. 2008. Gel properties of surimi from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) as affected by heat treatment and soy protein isolate. *Food hydrocolloids*, 22: 1513-1519.
- Moreno, H.M. Carballo, J. and Borderias, A.J. 2009. Study on two different cold restructured processes using two different qualities of hake (*Merluccius capensis*) muscle, with addition of microbial transglutaminase. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 1346-1351.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Moreno, H.M., Carballo, J. and Borderias, J. 2010. Gelation of fish muscle using microbial transglutaminase and the effect of sodium chloride and pH levels. *Journal of Muscle Foods*, 21: 433-450.
- Niwa, E. 1992. Chemistry of surimi gelation. In: *Surimi Technology*. T.C. Lanier and C.M. Lee (eds) Marcel Dekker, New York. p. 389-427.
- Ramirez, J.A., Angel, A.D., Uresti, R.M., Velazquez, G. and Vazquez, M. 2007. Low-salt restructured products from striped mullet (*Mugil cephalus*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as additives. *Food Chemistry*, 102: 243-249.
- Ramirez, J.A., Uresti, R.M., Velazquez, G. and Vazquez, M. 2011. Food Hydrocolloids as additives to improve the mechanical and functional properties of fish products: A review. *Food Hydrocolloids*, 25: 1842-1852.
- Sanchez-Alonso, I., Haji-Maleki, R. and Birderuas, A.J. 2007. Wheat flour as a functional ingredient in restructured fish products. *Food Chemistry*, 100: 1037-1043.
- Stone, A.P. and Stanley, D.W. 1992. Mechanisms of fish muscle gelation. *Food Research International*, 25 : 381.
- Sun, X.D. 2009. Utilization of restructuring technology in the production of meat products: A Review. *CyTA-Journal of Food*, 7: 153-162.
- Suzuki, T. 1981. *Fish and Krill Protein: Processing Technology*. Applied Science Publisher, London. 260p.
- Tuankriangkrai, S. and Benjakul, S. 2010. Effect of modified tapioca starch on the stability of fish mince gels subjected to multiple freeze-thawing. *Journal of Muscle Foods*, 21: 399-416.
- Uresti, R.M., Lopez-Arias, N., Gonzalez-Cabrizles, J.J., Rzmeiez, J.A. and Vazquez, M. 2003. Use of amidated low methoxyl pectin to produce fish restructured products. *Food Hydrocolloids*, 17:171-176.
- Wang, Y., Zhang, M. and Mujumdar, A.S. 2013. Effect of Cassava starch gel, fish gel and mixed gels and thermal treatment on structure development and various quality parameters in microwave vacuum-dried gel slices. *Food Hydrocolloids*, 33: 26-37.
- Zhu, J.H., Yang, X.Q., Ahmad, I., Li, L., Wang, X.Y., Liu, C. 2008. Rheological properties of k-carrageenan and soybean glycinin mixed gels. *Food research International*, 41: 219-228.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wikipedia. 18 April 2016. Alaska Pollock. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://en.wikipedia.org/wiki/Alaska_pollock. สืบค้นวันที่ 20 พฤษภาคม 2559.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติคณะวิจัย

1. ข้อมูลเกี่ยวกับคณะผู้วิจัย (ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี โดยจำแนกเป็นรายบุคคลและรายปีให้เห็นชัดเจน)
 หัวหน้าโครงการวิจัย

ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์

อาจารย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.1 ประวัติ

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีจบ
วศ.ด.	วิศวกรรมอาหาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี	2549
วท.ม.	วิทยาศาสตร์การอาหาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง	2545
วท.บ.	ผลิตภัณฑ์ประมง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2542

สถานที่ติดต่อ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

อีเมลล์ soraya.ke@kmitl.ac.th

ประสบการณ์วิจัยหรือสาขาที่ชำนาญ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.2 ผลงาน

โครงการวิจัย

ปี 2559

- ชื่อโครงการ: ความเข้มข้นของโซเดียมแลคเตทในการยับยั้งเชื้อ *Clostridium perfringens* ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุวีต

แหล่งทุนสนับสนุน เงินรายได้ประจำปี 2559

สถานะโครงการวิจัย อยู่ระหว่างดำเนินโครงการ ความก้าวหน้าโครงการ ร้อยละ 80

- ชื่อโครงการ: เทคนิคและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงเปลือกกุ้งขาวอบแห้งและการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการจัดและบริการอาหาร

แหล่งทุนสนับสนุน สวก.

สถานะโครงการวิจัย อยู่ระหว่างดำเนินโครงการ ความก้าวหน้าโครงการ ร้อยละ 30

ปี 2558

- ชื่อโครงการ: การผลิตกุ้งแห้งเทียมจากเศษเหลือกระบวนการผลิตปลาแล่แช่เยือกแข็ง

แหล่งทุนสนับสนุน เงินงบประมาณประจำปี 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะโครงการวิจัย อยู่ระหว่างดำเนินโครงการ ความก้าวหน้าโครงการ ร้อยละ 95

2. ชื่อโครงการ: การใช้กระบวนการชีวคิดในการผลิตสเต็มเนื้อพร้อมปรุง และหมักหมั่นเนื้อ

แหล่งทุนสนับสนุน เงินรายได้ ปี 2558

สถานะโครงการวิจัย โครงการวิจัยเสร็จแล้ว

ปี 2557

1. ชื่อโครงการ: การใช้โครงข่ายประสาทเทียม และฟuzzyเซตในการหาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้าง

และสมบัติเชิงกายภาพของเนื้อโคขุน

แหล่งทุนสนับสนุน เงินรายได้ ปี 2557

สถานะโครงการวิจัย ดำเนินการเสร็จแล้ว

สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

Drying of foods; Fisheries; Heat and mass transfer; Meat and poultry processing; Physical property; Structural property; Thermal processing of foods and biomaterials

ผลงานวิจัย (ปี 2006-ปัจจุบัน)

International Journals

1. Krusong, W., Kerdpi boon, S., Jindaprasert, A., Yaiyen, S., Pornpukdeewatana, S., Tantratian, S. 2015. Calcium chloride ameliorates changes in lipid, membrane-bound enzyme, and cell-wall thickness of acetic-acid bacteria under high temperature acetification. *Journal of Applied Microbiology*. 119 (5), pp. 1291-1300.
2. Krusong, W., Pornpukdeewatana, S., Kerdpi boon, S. and Tantratian, S. 2014. Prediction of influence of stepwise increment of initial acetic concentration in charging medium on acetification rate of semi-continuous process by artificial neural network. *LWT Food Science and Technology* 56(2): 383-389.
3. Niamnuy, C, Kerdpi boon, S, Devahastin, S. 2012. Artificial neural network modeling of physicochemical changes of shrimp during boiling. *LWT- Food Science and Technology* 45 (1): 110-116.
4. Klaypradit, W., Kerdpi boon, S., Singh, R.K. 2011. Application of artificial neural networks to predict the oxidation of menhaden fish oil obtained from Fourier transform infrared spectroscopy method. *Food and Bioprocess Technology*, 4:475-480.
5. Kerdpi boon S, Devahastin S. Fractal Characterization of Some Physical Properties of a Food Product under Various Drying Conditions. *Drying Technology*. 2007. 25: 135-146.
6. Kerdpi boon S, Devahastin S, Keir W L. Comparative fractal Characterization of Physical Changes of Different Food Products during Drying. *Journal of Food Engineering*. 2007. 83: 570-580.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Kerdpiboon S, Kerr W. L., Devahastin S. Neural Network Prediction of Physical Property Changes of Dried Carrot as a Function of Fractal Dimension and Moisture Content. *Food Research International*. 2006. 39: 1110-1118.

National Journals

1. Kerdpiboon, S. and Puttongsiri, T. 2015. Hang rice and its cooking. *KKU Research Journal* 20(1): 26-33.
2. ไสโรยา เกิดพิบูลย์. 2554. การพัฒนาการผลิตสไลด์ผักปรุงรส. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 42(2) (พิเศษ): 281-284.
3. ไสโรยา เกิดพิบูลย์ ธงชัย พุฒทองศิริ และ สักกมน เทพหัสติน ณ อยุธยา. 2554. ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสมบัติเชิงกายภาพและลักษณะการไหลของไส้ผสมผักของกึ่งสำเร็จรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 42(2) (พิเศษ): 445-448.
4. ไสโรยา เกิดพิบูลย์ ชาตีสยาม ผลวิสัย และสิรินาฏ เนติศรี. 2553. สมบัติเชิงกายภาพบางประการและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้ผสมผักของ. *วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า*. ได้รับพิจารณาตีพิมพ์.
5. ไสโรยา เกิดพิบูลย์ จักรพงษ์ ไสวะพันธ์ ประกาย ผิวทอง และ อรอนงค์ ฐานพันธ์นติกุล. 2554. ผลของอิมัลซิไฟเออร์และเวลาที่ใช้ในการผสมต่อสมบัติเชิงกายภาพของผักทองสเปรด. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 16(1). 32-40.
6. ไสโรยา เกิดพิบูลย์ และ วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่. 2553. แนวทางการใช้ประโยชน์จากกระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร. *วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า*. 2(2): 23-30.
7. ไสโรยา เกิดพิบูลย์ กรรณิกา ชาลิตปฎิญา และ สุดารัตน์พรมดวง. 2552. ผลของกระบวนการล้างเนื้อปลาสดด้วยสารละลายต่างต่อคุณภาพด้านสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของซูริมิที่ผลิตจากปลาแซ่เอือกแห้ง. *วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า*. 1(1): 34-41.

International Proceedings

- 1 Laorojpinyo, T., Swetwivathana, A., Jindaprasert, A., Sriphochanart, W. and Kerdpiboon, S. 2016. Effect of sodium lactate on inhibition of *Clostridium perfringens* spores in sous-vide model (SVM) broth. The 18th Food Innovation Asia Conference 2016 (FIAC 2016) *Food Research and Innovation for Sustainable Global Prosperity* 16-18 June 2016. *Accepted*.
2. Supaphon, P. Kerdpiboon, S., Swetwivathana, A. and Nonthanum, P. 2016. Effect of sous-vide cooking on muscle fiber and color changes of sirloin local Thai beef. 62nd International Congress of Meat Science and Technology (ICOMST 2016), 14-19 August 2016. Bangkok, Thailand. *Accepted*.
2. Kerdpiboon, S., Supaphon, P., Kaeewsard, S., Peuchkamut, Y., Swetwivathana, A. 2015. Physical property modeling of rib eye beef cattle using multiple regression analysis. 61st

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Congress of Meat Science and Technology (ICOMST 2015), 23-28 August 2015, Clermont-Ferrand, France.

3. Vongareerat, A., **Kerdpi boon**, S. Puttongsiri, T. and Buranapongphan, A. 2015. Preparation of Thai local beef shank for Mussaman using sous-vide process. Oral Presentation *In Proceedings of The 14th Asean Food Conference 2015*, SMX Convention Center, Mall of Asia, Pasay City, Philippines. 24-26 June 2015.
4. Kongpeam, I., **Kerdpi boon**, S. and Peuchkamut, Y. 2015. Flank steak of local Thai beef preparation using sous-vide process. Oral Presentation *In Proceedings of The 14th Asean Food Conference 2015*, SMX Convention Center, Mall of Asia, Pasay City, Philippines. 24-26 June 2015.
5. Supaphon, P., **Kerdpi boon**, S., Peuchkamut, Y., Teerachaichayut, S., Srikalong, P., Nonthanum, P. 2014. Surface images and physical properties correlation of sirloin steak by Pearson's correlation and multiple linear regression analysis. *Proceedings of International Research Conference on Engineering and Technology (IRCET 2014)*, Bali, Indonesia, 27-29 June 2014.
6. Charoendee, D., **Kerdpi boon**, S., Peuchkamut, Y. 2013. Morphology and selected characteristics of Hang rice. *Proceedings of 13th Asean Food Conference 2013 Meeting Future Food Demands: Security and Sustainability*, Max Atria, Singapore, 9-11 September 2013
7. Kaewsa-ard, S., **Kerdpi boon**, S., Peuchkamut, Y., Teerachaichayut, S. 2013. Relationships between physical property, chemical composition and marbling score of sirloin beef steak. *Proceedings of 13th Asean Food Conference 2013 Meeting Future Food Demands: Security and Sustainability*, Max Atria, Singapore, 9-11 September 2013.
8. Suksai, S., **Kerdpi boon**, S., Nonthanum, P., Watthanasuk, A. 2013. High nutritious germinated brown rice and Hang rice produced from different rice cultivars. *Proceedings of 13th Asean Food Conference 2013 Meeting Future Food Demands: Security and Sustainability*, Max Atria, Singapore, 9-11 September 2013.
9. Auttayod, M., **Kerdpi boon**, S., Peuchkamut, Y. 2013. Characteristics of sandwich bread replaced wheat flour with whole red bean flour. *Proceedings of 13th Asean Food Conference 2013 Meeting Future Food Demands: Security and Sustainability*, Max Atria, Singapore, 9-11 September 2013.
10. **Kerdpi boon**, S., Charoendee, D. 2012, "Comparative physical characterization of water ratio changes of Hang rice during cooking," *Proceedings of 2012 International Conference on Nutrition and Food Sciences (ICNFS 2012)*, 23-24 July, 2012, Singapore, *Accepted in Oral Presentation*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. Kerdpi boon, S., Puttongsiri, T., Devahastin, S. 2012, "Physical property and sensory acceptance of Hange rice porridge," *International Conference on Food and Applied Bioscience: The 3rd Agro-Industry Conference, Kantary Hill Resort, Chiang Mai, Thailand. 6-7 February, 2012.*
12. Puttongsiri, T., Kerdpi boon, S., Vichitraka, A. 2012. "Shelf life extension of semi dried Sepat-Siam (*Trichogaster pectoralis*) using of Chitosan," *International Conference on Food and Applied Bioscience: The 3rd Agro-Industry Conference, Kantary Hill Resort, Chiang Mai, Thailand. 6-7 February, 2012.*
13. Kerdpi boon, S., Devahastin, S. 2010. "Flow Characteristics and Selected Physical Properties of Porridge Mixed with Pumpkin," *International Conference on Agriculture and Agro-Industry (ICAAI2010) Food, Health and Trade, Chiangrai, Thailand. 19-20 November, 2010.* (Grant: Kasetsart University)
14. Klaypradit W, Kerdpi boon S, Singh R.K. 2009. "Application of Artificial Neural Networks to Predict the Oxidation of Menhaden Fish Oil Obtained from Fourier Transform Infrared Spectroscopy Method." IFT Annual Meeting & Food Expo, Anaheim, CA, USA.

Proceedings (National)

1. โสรยา เกิดพิบูลย์ ดาริกา เจริญดี เณศรา จันต๊ะวงศ์ และ พันชกร อัสวจิต. 2555. ผลของวิธีการหุงที่มีต่อ สัณฐานวิทยาและสมบัติเชิงกายภาพของข้าวฮางในระหว่างการหุง. นำเสนอผลงาน งานประชุมวิชาการและ นำเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 6. วันที่ 26-27 กรกฎาคม 2555. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร.
2. Kerdpi boon, S., Pilachun, W., Tuksima, T. 2011. "Selected Physical Properties of Jerky Produced from Pon Yang Kham G-Beef," Thailand Research Symposium 2011, Thailand. (In English).
3. โสรยา เกิดพิบูลย์. 2554. การพัฒนาการผลิตสไลด์ผักปรุงรส. นำเสนอผลงาน งานประชุมวิชาการและนำเสนอ ผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 5. วันที่ 21-22 กรกฎาคม 2554. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดิน แดง กรุงเทพมหานคร.
4. โสรยา เกิดพิบูลย์ ธงชัย พุฒทองศิริ และ สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา. ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสมบัติ เชิงกายภาพและลักษณะการไหลของไส้กัมผสมฟักทองกึ่งสำเร็จรูป. นำเสนอผลงาน งานประชุมวิชาการและ นำเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 5. วันที่ 21-22 กรกฎาคม 2554. มหาวิทยาลัยหอการค้า ไทย ดินแดง กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Citation

ลำดับที่	publications	จำนวนครั้งที่ถูก citation (ถึง 2016)
1	Krusong, W., Kerdpi boon, S., Jindaprasert, A., Yaiyen, S., Pornpukdeewatana, S., Tantratian, S. 2015. Calcium chloride ameliorates changes in lipid, membrane-bound enzyme, and cell-wall thickness of acetic-acid bacteria under high temperature acetification. <u>Journal of Applied Microbiology</u> . 119 (5), pp. 1291-1300.	1
2	Krusong, W., Pornpukdeewatana, S., Kerdpi boon, S. and Tantratian, S. 2014. Prediction of influence of stepwise increment of initial acetic concentration in charging medium on acetification rate of semi-continuous process by artificial neural network. <u>LWT Food Science and Technology</u> 56(2): 383-389.	5
3	Niamnuy, C, Kerdpi boon, S, Devahastin, S. 2012. Artificial neural network modeling of physicochemical changes of shrimp during boiling. <u>LWT- Food Science and Technology</u> 45 (1): 110-116.	7
4	Klaypradit, W., Kerdpi boon, S., Singh, R.K. 2011. Application of artificial neural networks to predict the oxidation of menhaden fish oil obtained from Fourier transform infrared spectroscopy method. <u>Food and Bioprocess Technology</u> , 4:475-480.	26
5	Kerdpi boon S, Devahastin S, Kerr W L. Comparative fractal Characterization of Physical Changes of Different Food Products during Drying. <u>Journal of Food Engineering</u> . 2007. 83: 570-580.	32
6	Kerdpi boon, S. 2007. Thesis summary: Use of fractal analysis to evaluate physical changes of foods during drying	2
7	Kerdpi boon S, Devahastin S. Fractal Characterization of Some Physical Properties of a Food Product under Various Drying Conditions. <u>Drying Technology</u> . 2007. 25: 135-146.	31
8	Kerdpi boon S, Kerr W. L., Devahastin S. Neural Network Prediction of Physical Property Changes of Dried Carrot as a Function of Fractal Dimension and Moisture Content. <u>Food Research International</u> . 2006. 39: 1110-1118.	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้